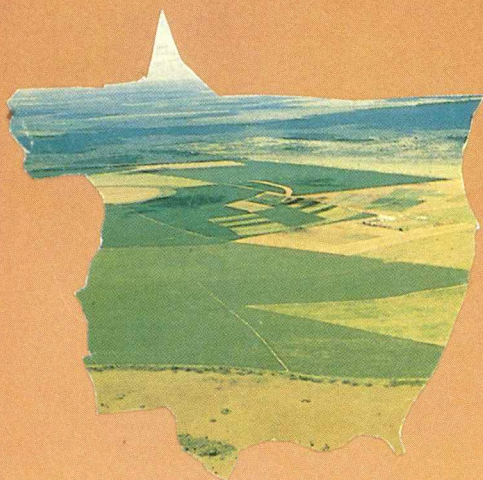
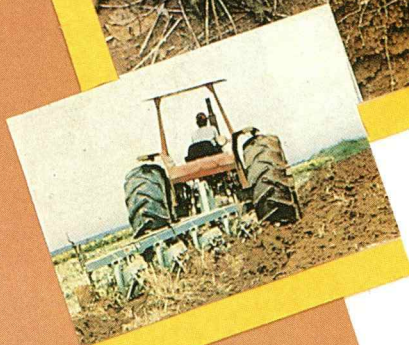
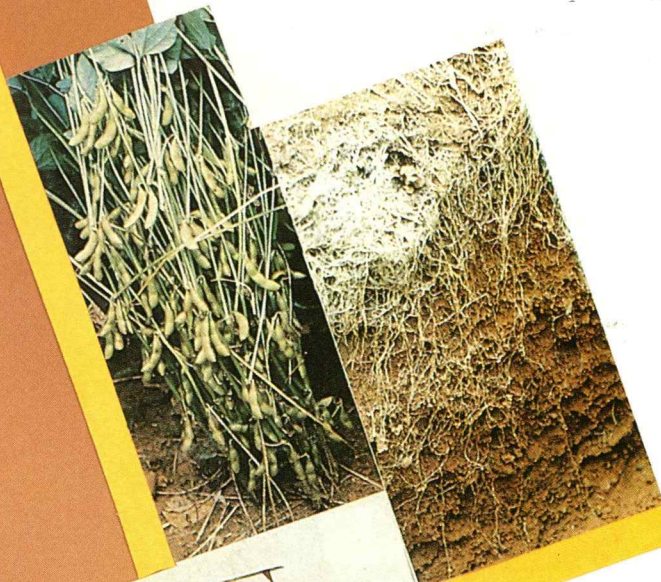


- Lucien Seguy
- Serge Bouzinac
- Abilio Pacheco
- Waldecir Carpenedo
- Wilma Da Silva



Perspectives de sédentarisation de l'agriculture dans le centre nord du Mato Grosso (Brésil)

L'exemple de
la Fazenda Progresso
(Lucas do rio verde)

EMPA/MT
IRAT/CIRAD
CNPAP/EMBRAPA

ISBN 2-901987-25-7
© IRAT, pour la version française, 1990.
Diffuseur : Service d'édition, IRAT, BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1, France

Lucien SEGUY
Serge BOUZINAC
Abilio PACHECO
Waldecir CARPENEDO
Wilma DA SILVA

PERSPECTIVES DE SEDENTARISATION DE L'AGRICULTURE DANS LE CENTRE NORD DU MATO GROSSO (BRESIL)

***L'EXEMPLE DE LA FAZENDA PROGRESSO
(LUCAS DO RIO VERDE)***

EMPA / MT
IRAT CIRAD
CNPAP / EMBRAPA

SOMMAIRE

■ INTRODUCTION	5
■ CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION EXPERIMENTALE ET DE LA REGION	6
● Climat agressif	6
● Une pluviométrie excessive	6
● Sols de faible fertilité	6
■ DES CONDITIONS D'EXPLOITATION DEVASTATRICES	12
■ EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE DES CULTURES SUR LA FAZENDA PROGRESSO DE 1976 A 1984, AVANT L'INTERVENTION DIRECTE DE LA RECHERCHE	13
■ INTERVENTION DE LA RECHERCHE AVEC PARTICIPATION DES PRODUCTEURS ..	13
■ DES RESULTATS AGRO-ECONOMIQUES ET TECHNIQUES : LEURS CONSEQUENCES	16
● Les résultats agronomiques	16
● L'effet des modes de gestion des sols et des cultures sur la compétitivité et l'évolution de la flore adventice	16
● L'effet des modes de gestion des sols et des cultures sur l'évolution des propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural	17
● La productivité des cultures et leur stabilité dans les systèmes de cultures	18
□ Culture de riz pluvial	18
□ Culture du soja	36
□ La culture de maïs	37
● Conséquences économiques	38
● Répercussions techniques	52

■ CONCLUSIONS	52
■ ANNEXE 1	
LABOUR PROFOND ET SCARIFICATION DE FIN DE SAISON DES PLUIES	55
■ ANNEXE 2	
LABOUR PROFOND DE DEBUT DES PLUIES (FIN SEPTEMBRE-OCTOBRE)	55
■ ANNEXE 3	
SCARIFICATION PROFONDE	56
■ ANNEXE 4	
SEMIS DIRECT	56
■ REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	58

Introduction

Dans les pays tropicaux en voie de développement, et particulièrement dans les zones de frontières agricoles du Brésil central, les possibilités d'exploitation agricole sont encore trop récentes pour être bien connues, exceptées sous leurs aspects les plus négatifs : érosion des sols, baisse accélérée de la fertilité, qui provoquent, en quelques années, jusqu'à l'abandon de grandes étendues, par les agriculteurs (SANCHEZ, 1974).

De plus, à ces facteurs négatifs naturels, se surimpose un développement agricole sauvage destiné à produire un maximum d'excédents exportables (SUDECO, 1974, AUBERTIN, 1986). Cela se caractérise par la pratique exclusive de la monoculture industrielle des produits les plus attractifs, et économiquement sûrs, tels que le soja et la canne à sucre.

Dans un tel contexte explosif, non seulement la recherche peut difficilement suivre, avec la rigueur nécessaire, ces conditions accélérées d'exploitation du milieu, et elle ne dispose, en outre, ni de résultats suffisants, ni du recul nécessaire, pour juger de leur validité agro-économique à long terme. Une telle problématique révèle la nécessité d'une intervention urgente de type recherche-développement, en prise directe sur le milieu.

Cette forme d'action doit associer nécessairement la recherche thématique traditionnelle conduite le plus souvent exclusivement en stations expérimentales à une démarche de type systémique et synthétique en milieu réel, visant la mise au point prévisionnelle de systèmes de cultures régionaux les plus favorables pour la productivité, la rentabilité et la stabilité agro-économique des exploitations. Elle assurera aussi la préservation de l'espace rural, pour la fixation d'une agriculture viable à moyen et long termes.

La création-diffusion de systèmes de cultures en milieux réels, avec les producteurs, peut être un outil approprié de synthèse des données et d'orientation des décisions techniques régionales. Cet ensemble de données permet de proposer des assolements dont la gestion soit logique et cohérente, et d'étudier leurs possibilités d'adaptation, face aux fluctuations économiques et climatiques (MARTY *et al.*, 1984).

Notre objectif principal est donc dans une démarche pluri et interdisciplinaire en milieu réel, de proposer aux agriculteurs des systèmes de cultures capables d'améliorer leur situation agro-économique actuelle et l'augmentation de la capacité des équipements mécanisés, conciliables avec l'amélioration et la préservation de la fertilité des sols.

L'ensemble de la démarche expérimentale doit donc fournir, prévisionnellement, par rapport à la prise de décision des agriculteurs, des assolements techniquement réalisables, économiquement motivants et agronomiquement justifiés.

C'est l'exemple d'une telle démarche que nous avons décidé d'exposer, en choisissant l'exemple d'une Fazenda pionnière à la frontière agricole du Mato Grosso, et en pleine expansion, où les conditions pédoclimatiques sont particulièrement hostiles : la Fazenda Progresso à Lucas do Rio Verde dans le municipio de Sorriso, Mato Grosso.

Président EMPA-MT
Dr. Ulivar FAVRETTO

Caractéristiques de l'exploitation expérimentale et de la région

Climat agressif

L'exploitation expérimentale (la Fazenda Progresso) est localisée à 350 km au nord de Cuiabá sur l'axe Cuiabá-Santarem. Cette exploitation se situe à la limite de l'écosystème amazonien (carte 1) caractérisé par une forte pluviométrie annuelle, comprise entre 2 000 mm et 2 600 mm sur cinq mois, une saison sèche d'une durée maximale de quatre mois, une température mensuelle de faible amplitude, entre 24 et 26 °C, une forte hygrométrie permanente, exceptée en saison sèche.

Une pluviométrie excessive

Sur sept ans de 1981-1982 à 1987-1988, on enregistre, en moyenne treize pluies annuelles supérieures à 40 mm, six supérieures à 60 mm/jour, trois supérieures à 80 mm/jour, deux supérieures à 90 mm et quasiment une pluie par an supérieure à 100 mm/jour. La fréquence la plus élevée des pluies de forte intensité et volume, se situe sur les mois de décembre, janvier, février ; il n'est cependant pas rare d'avoir quelques pluies supérieures à 60 mm/jour et même 80 mm/jour au début (octobre, novembre) et à la fin de la saison des pluies (mars, avril, tableau 1 et figure 1), lorsque le sol est découvert ; le maximum pluviométrique dans la région a atteint 145 mm/jour.

Ces conditions de pluviosité caractérisent une situation d'agressivité extrême à l'égard des sols, dans un milieu où les pentes supérieures à 3-4 % sont fréquentes et résultent en une forte érosion de surface et un drainage interne important, qui est un facteur décisif de lixiviation en profondeur des éléments minéraux (Ca^{++} , K^+ , Mg^{++}).

Sols de faible fertilité

Ce sont des sols ferrallitiques jaunes et rouge-jaune, de très faible fertilité naturelle comme l'attestent les analyses de sols encore couverts de végétation naturelle sous cerrado naturel (tableau 2)

Les teneurs en bases échangeables ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) sont inférieures à 0,6 meq/100 g, en P assimilables inférieures à 2 ppm, en K en dessous de 25 ppm ; on y trouve une forte teneur en Al échangeable, dont on connaît les effets nocifs (précipitation de P, altération des systèmes racinaires).

Leur seule fertilité réside temporairement dans leur teneur en matière organique initiale : 3,0 % dans l'horizon 0-10 cm. Cette fertilité est cependant illusoire et éphémère, car une fois le sol mis en culture la minéralisation de cette matière organique est accélérée et les risques de perte par érosion superficielle sont grands sur profils compactés en surface.

La texture de ces sols est argilo-sableuse en surface (plus de 40 % d'argile).

La structure des sols sous végétation naturelle (cerrado) est grumeleuse dans l'horizon 0-20 cm où est concentré 95 % du système racinaire des graminées sauvages

Carte 1 : Les principaux écosystèmes de la région
Centre-Ouest.

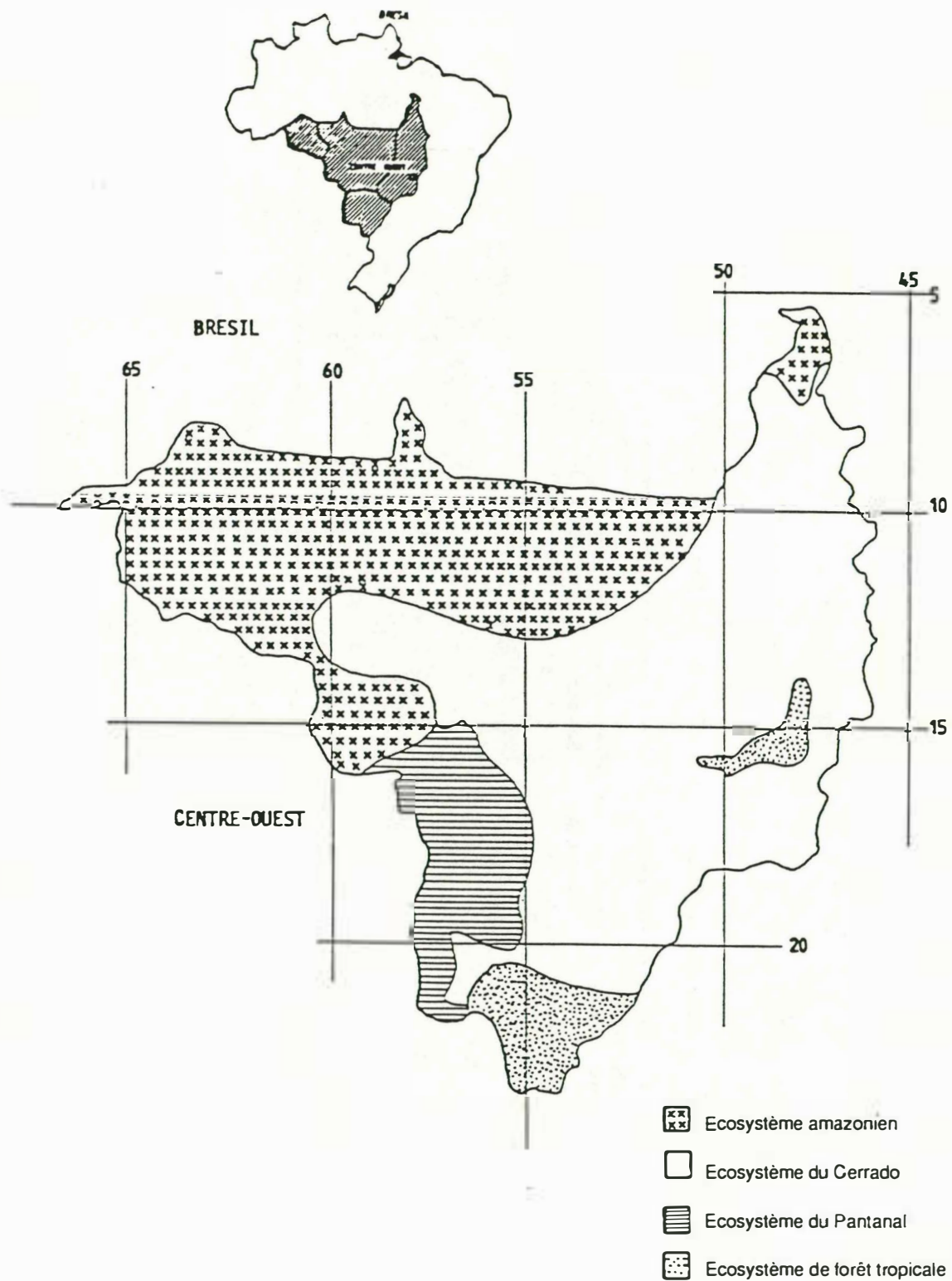


Tableau 1 : Distribution mensuelle des pluies de forte intensité durant sept ans. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1981-1987.

Nombre de pluies durant les 7 ans (1981-1987)	Mois							
	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
40 mm	4	10	20	11	15	11	7	4
60 mm	5	4	5	6	5	3	3	—
80 mm	2	3	3	3	2	2	1	—
90 mm	2	—	1	2	3	1	1	—
100 mm	—	—	—	2	2	1	1	—

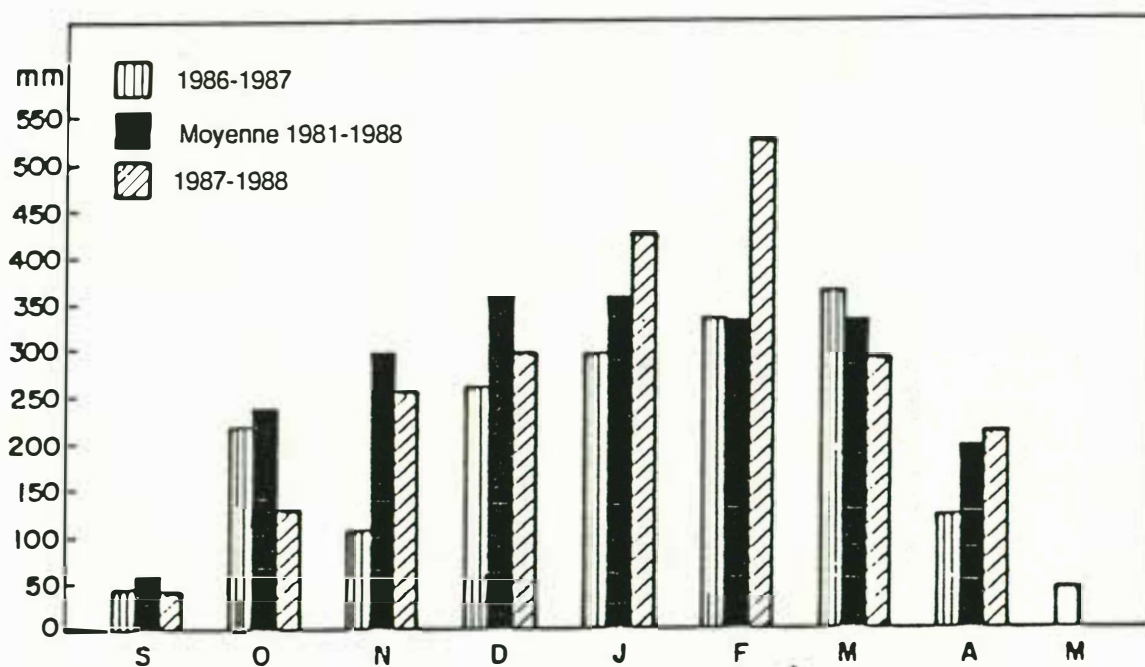


Figure 1 : Pluviométrie 1986-1988 et moyenne sur 7 ans.

Tableau 2 : Evolution des propriétés chimiques du profil cultural¹, 1976-1988, Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1988.

Année	Mode de gestion du sol	Profondeur	pH	M.O. (%)	Ca + Mg meq/100 g	Al meq/100 g	P ppm	K ppm
1976 ^m	Sous Cerrado	0 -20 cm	5,0	-	0,4	1,5	0,4 à 0,8	15 à 20
1985 ^m	Sous soja	0 -10 cm 10-20 cm	4,9 à 5,6 4,7 à 5,0	1,8 à 2,2 1,4 à 1,8	0,8 à 3,9 0,4 à 1,2	0,1 à 0,6 0,4 à 0,7	2,3 à 6,9 < 1	18 à 45 9 à 15
1988 ^m	Sous Cerrado	0 -10 cm 10-20 cm 20-30 cm	5,0 5,3 5,3	3,0 2,3 2,3	0,4 0,6 0,6	2,1 1,2 1,0	0,5 0,4 0,3	27 25 20
	Sous soja monoculture x offset continu (76-88)	0 -10 cm 10-20 cm 20-30 cm 30-40 cm	6,9 6,0 5,1 4,9	2,7 3,0 2,3 2,2	7,7 4,2 0,7 0,5	0,1 0,2 0,8 0,4	23,4 3,6 0,4 0,2	92 53 36 12
	Sous rotation riz-soja x labour continu (85-88)	0 -10 cm 10-20 cm 20-30 cm 30-40 cm	5,6 6,0 6,1 5,3	2,3 3,0 2,4 2,1	3,0 3,8 4,5 1,9	0,5 0,2 0,2 0,6	5,1 10,8 14,9 2,5	33 108 56 25

(1) La granulométrie moyenne est : argile entre 32 et 46 %, limon entre 13 et 18 %, sable entre 36 et 62 %.

(2) Avant la première riziculture en culture.

(3) 1 t/ha de calcaire dolomitique en 1976, 3 t/ha de calcaire dolomitique en 1982.

(4) 3 t/ha de calcaire dolomitique en 1986, et 1 500 kg/ha de thermophosphate Yoorin 82 en 1987.

Tableau 3 : Répartition par surface totale de propriété sur un échantillonnage de 200 producteurs dans la région Centre-Ouest (étude S. Teixeira).

Taille de la propriété (ha)	Nombre de propriétés	Pourcentage nombre total	Pourcentage surface total des propriétés
0-10	2	1,0	-
10-100	17	8,0	0,38
100-500	82	41,5	11,97
500-1 000	53	26,0	18,37
+ de 1 000	46	23,5	69,28
Total	200	100,0	100,0

Source : Teixeira et al., 1986.

(*Hyparrhenia* sp.) ; on ne note aucune discontinuité physique dans ce profil originel, simplement une forte discontinuité biologique, où la zone fertile est toute concentrée dans les quinze premiers centimètres.

Dans ces conditions pluviométriques excessives, la forte teneur en colloïdes de l'horizon de surface, constitue un facteur limitant clé pour les interventions mécanisées : durée très courte des périodes d'humidité optimum nécessaire à une bonne préparation du profil cultural résultant en une utilisation réduite de la capacité des équipements mécanisés.

Des conditions d'exploitation dévastatrices

La région connaît depuis le début des années 1980, une exploitation intensive du fait d'agriculteurs du sud du Brésil qui cherchent à utiliser l'expérience qu'ils ont acquise dans des régions subtropicales, totalement différentes des conditions régnant au Mato Grosso.

Ils recherchent un profit rapide et spéculent sur le prix de la terre. Ce sont les deux facteurs principaux qui ont régi l'ouverture de la « frontière » agricole.

Les systèmes d'exploitation rencontrés dans la région, sont simplifiés à l'extrême car pratiqués par des producteurs provenant tous de la même origine (le sud du Brésil). Ils cultivent communément le riz pluvial en ouverture des terres après défrichement. Ensuite, ils cultivent du soja en monoculture à base d'amendements calco-magnésiens et de superphosphates.

Les grandes exploitations agricoles sont les plus représentatives de la production de grains (tableau 3) et ont généralisé ce système d'exploitation monolithique dans lequel le choix de l'assolement est essentiellement économique et où n'est nullement pris en compte le capital sol.

Les effets dévastateurs de ce système sont dus principalement à :

- l'absence fréquente de systèmes anti-érosifs adéquats ;
- des techniques de préparation du sol destructrices, imputables à l'usage exclusif de pulvérisateurs offset (offsets lourds ou légers) ou en sol trop sec, qui devient la proie de l'érosion éolienne, ou en sol trop humide qui devient compact. On assiste en effet, après deux ou trois ans d'usage exclusif de pulvérisateurs offset, à une série de détériorations physiques, chimiques et biologiques du profil cultural :
 - destruction de la structure en surface (formation de croûte en surface),
 - formation d'un horizon compacté (semelle de labour) entre 10 et 20 cm de profondeur qui limite l'emmagasinement de l'eau et le développement en profondeur des systèmes racinaires, exposant les cultures aux excès climatiques (périodes sèches inattendues [veranios] ou, au contraire, asphyxie des racines) et favorise le ruissellement superficiel avec érosion laminaire superficielle considérable,
 - concomittante à l'érosion du profil cultural, s'ajoute une infestation accélérée de la monoculture de soja par des mauvaises herbes de plus en plus compétitives (photos 1 et 3).

La résultante essentielle de ce système est un appauvrissement extrêmement rapide et constant du capital sol tel que même des apports massifs d'engrais minéraux et d'herbicides ne réussissent plus à maintenir la productivité à un bon niveau.

Évolution de la productivité des cultures sur la Fazenda Progresso de 1976 à 1984, avant l'intervention directe de la recherche

La Fazenda Progresso, pionnière au niveau de la région, exploite aujourd'hui 1 800 hectares depuis 1976, soit douze ans de culture ininterrompue.

En neuf ans de culture continue, de 1976 à 1984, avant l'intervention de la recherche, se sont succédés sur la Fazenda :

- quatre années de monoculture de riz pluvial ;
- une année de repos, avec culture de mucuna noire ;
- quatre années de monoculture de soja.

L'évolution des rendements des cultures, résumée dans la figure 2, montre une chute régulière et constante de la productivité du riz pluvial, qui passe d'un maximum de 2 520 kg/ha la deuxième année à 1 500 kg/ha la quatrième année, soit une diminution de productivité de plus de 40 % en deux ans. La stagnation de la productivité du soja, aux environs de 2 200 kg/ha à partir de la troisième année, malgré l'incorporation continue de nouvelles variétés et herbicides plus performants.

Les causes principales des baisses de productivité ont été une augmentation croissante de l'érosion laminaire superficielle et une pression plus forte des adventices.

Face à cette situation, le propriétaire décide de demander l'appui de la recherche pour une intervention directe dans la Fazenda, à partir de 1985.

Intervention de la recherche avec participation des producteurs

A partir de 1985, le CNPAF⁽¹⁾ et l'EMPA⁽²⁾ s'associent pour une intervention commune sur la Fazenda Progresso, en ne perdant pas de vue que les résultats attendus de cette expérience doivent être nécessairement représentatifs et praticables à l'échelle de la région où les conditions pédoclimatiques sont similaires.

L'intervention se caractérise d'abord en 1986 par une unité pilote de plus de cinquante hectares qui s'amplifie jusqu'à plus de cent hectares en 1987 (photo 2).

Pour faire fonctionner efficacement ce type de recherche, en collaboration avec le producteur, des procédures de bases furent adoptées et notamment :

(1) CNPAF : Centre national de recherche de l'EMBRAPA sur le riz et le haricot, Goiânia, Brésil.

(2) EMPA : Centre de recherche de l'État du Mato Grosso

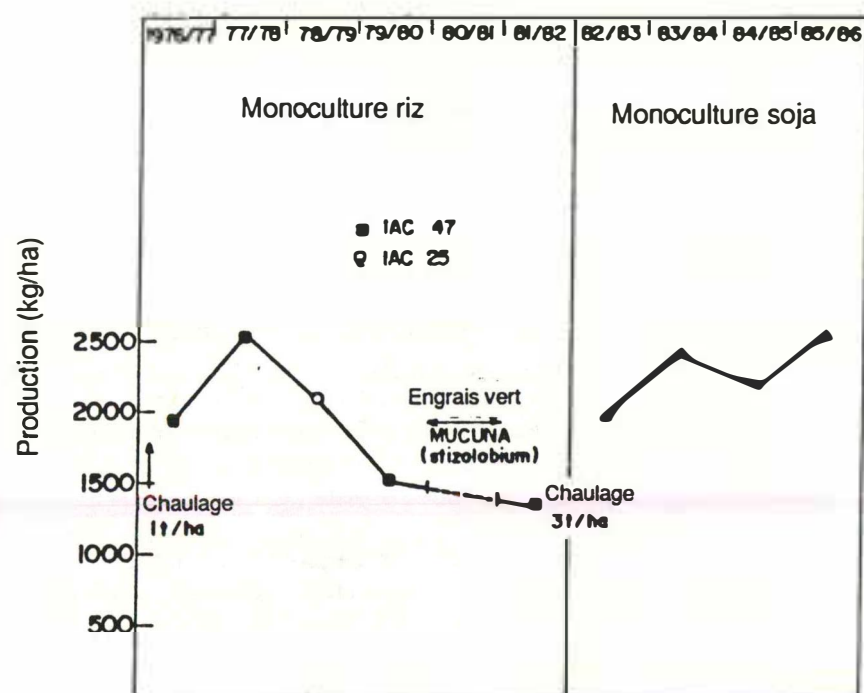


Figure 2 : Evolution des rendements. Fazenda Progresso, 1976-1986.

— En s'attaquant en priorité à la résolution de problèmes de fond à plus long terme, comme la restauration et le maintien de la fertilité des sols, ce qui nécessite l'implantation de recherches systémiques de longue durée qui compareraient les nouvelles alternatives au système existant.

Les données provenant de cette démarche pluriannuelle doivent permettre de proposer des assolements dont la gestion soit logique, cohérente, préservatrice de l'environnement et d'étudier leurs possibilités d'adaptation face aux fluctuations climatiques et économiques⁽¹⁾.

— Dans le cas présent, on approche cette optimisation de l'assolement en limitant les effets indésirables déjà fortement ressentis dans la région (dégradation du capital sol, prolifération des adventices, etc.) en nous basant sur la pratique réelle de divers modes de gestion des sols, dont celui du producteur qui nous sert de référence. Cette démarche va dans le sens de la maîtrise d'une situation donnée par la prise en compte raisonnée de différents paramètres d'ordre agronomiques, techniques et économiques soit tous les éléments indispensables à une prise de décisions par les producteurs.

Nous avons été amenés à rassembler les points suivants :

□ modes de gestion des sols et des cultures, dont :

— choix d'autres cultures possibles pour composer des rotations et rompre le cycle de la monoculture du soja. Le choix s'est porté sur les cultures de maïs et de riz pourvoyeurs de cellulose, de lignine et de systèmes racinaires abondants, pour reconstituer une réserve d'humus stable.

— choix de systèmes de cultures possibles, à une seule ou à deux cultures annuelles, pour assurer une plus grande flexibilité du calendrier agricole et augmenter la capacité des équipements, et une meilleure protection du sol.

— choix de techniques de préparation du sol qui s'est fixé sur quatre d'entre elles :

- le labour profond au soc en début de saison des pluies après pré-incorporation des restes culturaux,
- le labour profond de fin de saison des pluies (avril, mai),
- la scarification profonde en fin de saison des pluies et début de saison sèche (mai-juin),
- le semis direct sans préparation du sol.

Les trois premières techniques devaient être capables de recréer un profil cultural homogène, l'approfondir, diminuer la pression des adventices et faciliter l'infiltration de l'eau et l'enracinement profond. La technique de semis direct devait être utilisée seulement après avoir corrigé les défauts physico-chimiques et biologiques du profil et installé une couverture morte résistante à la décomposition (par exemple : *calopogonium*) dans ce type de climat. En même temps, que leurs effets bénéfiques sur la fertilité du profil cultural et son entretien, on visait, là encore, à augmenter la capacité des équipements.

□ enfin, les progrès de la recherche sur chaque culture :

— choix de variétés, herbicides, pesticides, niveaux de fertilisation, réajustés en fonction des nouvelles conditions de profil cultural pour chaque système de culture.

(1) Mise au point d'un logiciel de pilotage pour la planification de l'agriculture régionale.

Pratiquement, on arrive ainsi aujourd'hui, à la mise au point simultanée de dizaines de nouvelles alternatives comparées avec les systèmes en vigueur dans la région.

L'ensemble expérimental constitue une unité de création-diffusion de choix de nouveaux systèmes ; cette unité pilote est ouverte en permanence aux producteurs de la région. Des journées au champ, judicieusement choisies, des conférences, des démonstrations, des appuis de la presse et de la télévision, sont autant de moyens utilisés pour la diffusion régionale des résultats.

Des résultats agro-économiques et techniques : leurs conséquences

Nous examinerons successivement les résultats agronomiques et leurs conséquences techniques et économiques pour formuler nos conclusions et recommandations finales.

Les résultats agronomiques

L'évolution des résultats agronomiques est faite pour chaque culture, sur chaque itinéraire technique tous les ans et pour chaque système de culture pluriannuellement en comparaison avec le système des producteurs de la région.

La synthèse globale des résultats se fait à partir du comportement de divers paramètres dont on analyse les convergences agronomiques sur les niveaux suivants :

- au dessous du niveau du sol, qui traduisent les conditions de croissance des systèmes racinaires en volume et en profondeur, leur rapport avec l'eau disponible : porosité, résistance mécanique à la pénétration, vitesse d'infiltration de l'eau, densités racinaires, évolution des propriétés physico-chimiques et biologiques (photos 3, 4 et 6) ;
- au dessus du sol, qui traduisent la compétitivité des adventices et le comportement du peuplement végétal : composantes du rendement, la productivité et leurs fluctuations interannuelles.

L'effet des modes de gestion des sols et des cultures sur la compétitivité et l'évolution de la flore adventice

En 1986-1987, année relativement moins pluvieuse que la normale, le labour profond s'est montré de loin la technique la plus nettoyante, en réduisant de plus de 40 % le nombre d'adventices par mètre carré, quarante jours après le semis, et de plus de 80 % le poids de matière verte des mauvaises herbes à la récolte, en comparaison des techniques de scarification profonde et de travail superficiel au pulvérisateur offset (tableaux 4 et 5).

En 1987-1988, année très pluvieuse, le potentiel semencier infestant du sol, mesuré par l'indice de couverture du sol quarante jours après la récolte, confirme être toujours nettement supérieur sur les traitements de travail du sol superficiel au pulvérisateur offset et sur la technique de semis direct, principalement lorsqu'ils sont combinés au système de monoculture de soja. Les labours profonds réduisent, à la fois, l'indice de couverture de plus de 50 % et la diversité des espèces nuisibles.

En définitive, les techniques de labour profond d'entrée ou de fin de cycle associées aux rotations de cultures garantissent, par leur effet nettoyant et l'efficacité de la rotativité des principes actifs des herbicides, un meilleur moyen de contrôle de la flore adventice.

L'effet des modes de gestion des sols et des cultures sur l'évolution des propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural

Ces effets sont marquants et conditionnent le développement racinaire des cultures et leur capacité d'alimentation hydrique et minérale.

La technique du labour profond pratiquée en rotation offre un profil cultural plus favorable à l'enracinement des cultures que toutes les autres techniques, quelles que soient les conditions climatiques. Ces avantages agronomiques sont multiples et cumulatifs sur le profil cultural, au cours du temps :

- Effet restaurateur des priorités physiques, en décompactant le profil sur les trente premiers centimètres et en recréant une forte macroporosité dans un nouveau profil approfondi, homogène, sans discontinuité physique (figures 4, 5, 7 et 8).
- Redistribution en profondeur de la matière organique des bases (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+), de P_2O_5 , donc de l'activité biologique (figures 11 à 16).
- Grande vitesse d'infiltration de l'eau, facilitant son emmagasinement et diminuant en même temps, le ruissellement superficiel donc l'érosion (figures 4 et 7).
- Associée aux rotations de cultures (légumineuses, céréales), cette technique de préparation en profondeur favorise un enracinement extrêmement puissant du riz pluvial et du soja, principalement dans les horizons profonds du sol, augmentant ainsi la réserve d'eau (figures 6 et 9).
- Lorsque simultanément sont associés le labour profond sans passage de pulvérisateur offset avant semis, l'incorporation au labour de 1 500 kg à 2 000 kg/ha de thermophosphate et l'utilisation de variétés à fort enracinement (Cabaçu, Makouta, IRAT 216), l'enracinement efficace à la floraison dépasse largement 1,20 m de profondeur, assurant une réserve utile d'eau supérieure à 100 mm.
- D'un autre côté, l'utilisation continue de pulvérisateurs offsets en sol humide, provoque à court terme la formation d'une épaisse semelle de labour créant un obstacle décisif à l'emmagasinement de l'eau et favorisant le ruissellement superficiel, donc les possibilités d'érosion (photos 1, 3 et 4). La fertilité chimique et biologique du sol reste concentrée dans les dix à quinze premiers centimètres de surface. L'ensemble de ce profil cultural défavorable entraîne un développement limité du système racinaire (riz, soja) mais, surtout, concentre plus de 80 % des racines dans les dix premiers centimètres et expose ainsi les cultures aussi bien aux périodes sèches qu'aux excès pluviométriques (asphyxie racinaire) et effets nocifs allélopathiques accumulés par le système de monoculture de riz (SEGUY *et al.* 1987).

La technique de scarification profonde, utilisée après deux années successives de labour profond, permet de conserver un profil cultural homogène, lui aussi favorable à un puissant enracinement en profondeur.

Les techniques de semis direct, sans préparation du sol et sans couverture morte véritable, sont pour l'instant insuffisantes pour maintenir des conditions de profil

cultural et favorise un enracinement superficiel (figure 9). Cet exemple montre qu'un fort enracinement global et profond du riz pluvial nécessite, dans ces sols très sensibles aux actions mécanisées, que la macroporosité soit reformée avant chaque cycle cultural. Cependant cette même technique de semis direct, implantée après restauration des propriétés physico-chimiques et en présence d'une forte couverture morte (*calopogonium*) offre des conditions de profil cultural proches de celui sous labour (figure 8).

La classification actuelle des modes de préparation du sol s'établit de la manière suivante :

1. Labour profond sans nivellement avant culture
2. Labour profond de fin de cycle
3. Scarification profonde
4. Semis direct avec couverture morte
5. Semis direct sans couverture morte
6. Préparation continue avec pulvérisateur offset (conventionnelle)

En ce qui concerne l'évolution des propriétés chimiques et biologiques, le tableau 2, qui résume l'évolution de ces caractéristiques depuis 1985, montre que, sous labour profond continu en rotation, le phénomène de lixiviation des bases en profondeur est notable sur quatre-vingt-dix centimètres de profondeur. On assiste à une migration nette de Ca, Mg, K, à une basse saturation de Al et, de manière concomitante, à un très puissant développement racinaire en profondeur qui recycle ces éléments vers la surface et freine l'appauvrissement du profil cultural. Ce puissant enracinement en profondeur joue un rôle de filtre d'interception très efficace et de recyclage des éléments minéraux. Il est en effet très important de remarquer que les caractéristiques chimiques de ce profil cultural, après douze ans de culture ininterrompue dans un climat très pluvieux qui facilite le drainage interne surtout avec les techniques de labour profond, sont à un niveau très élevé dans le nouveau profil : plus de 6,5 meq/100 g de Ca^{2+} Mg^{2+} dans l'horizon 0-20 cm plus de 6 meq de ces mêmes éléments entre 20 et 40 cm, absence d'aluminium échangeable. Le profil cultural initial superficiel sur défriche avait, dans l'horizon 0-20 cm, moins de 0,6 meq/100 g de Ca^{2+} + Mg^{2+} et plus de 1 meq/100 g d'aluminium échangeable. Aujourd'hui, après 12 ans de culture dans des conditions climatiques agressives et avec seulement trois applications d'amendements (sept tonnes à l'hectare de produits bruts, et 1 500 kg à l'hectare de thermophosphates), le résultat atteint est remarquable et traduit le niveau excellent de maîtrise du profil cultural avec ces nouvelles techniques (tableau 2).

La productivité des cultures et leur stabilité dans les systèmes de cultures

L'influence de la préparation des sols et de la rotation des cultures sur la productivité est toujours déterminante, surtout pour les cultures de soja et de riz ; le maïs se montre beaucoup moins sensible à l'action de ces deux facteurs.

Culture de riz pluvial

De toutes les cultures, le riz pluvial se montre le plus susceptible à la qualité du profil cultural, quelles que soient les conditions climatiques. La figure 20 qui rassemble les alternatives les plus démonstratives, montre que la réponse du riz est conditionnée, à la fois, par le type de travail du sol, la rotation et le type de variété utilisée. Le rendement moyen sur deux ans, de la variété Cuibana passe de 1 746 kg/ha sur monoculture de riz avec labour profond à 3 876 kg/ha en rotation avec soja et en présence de thermophosphate (1 500 à 2 000 kg/ha) avec le même labour.

Tableau 4 : Inventaire de la flore adventice en fonction du mode de gestion du sol et des cultures. Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1986-1987.

Culture et rotation (variété)	Préparation du sol (1)	Principales adventices	% ⁽²⁾ Couverture
Soja en monoculture (IAC 8)	Scarification Labour	<i>Bidens pilosa</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria sp.</i> <i>Digitaria sp.</i>	6 4
Soja après maïs (IAC 8)	Scarification Labour	<i>Ipomea sp.</i> , <i>Borreria alata</i> , <i>Digitaria sp.</i> <i>Ipomea sp.</i>	4 2
Soja après riz (IAC 8)	Scarification Labour	<i>Physalis sp.</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Ipomea sp.</i> , <i>Digitaria sp.</i> <i>Ipomea sp.</i>	4 0
Riz après soja (cycle court Guarani) (cycle moyen Culabana)	Offset Scarification Labour	<i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria sp.</i> , <i>Acanthospermum sp.</i> <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Digitaria sp.</i> <i>Acanthospermum sp.</i>	8 4 2
Cajanus cajan (après récolte)	Scarification Labour	<i>Digitaria sp.</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Acanthospermum sp.</i> <i>Calopogonium</i> <i>Digitaria sp.</i> , <i>Cenchrus echinatus</i> , <i>Acanthospermum sp.</i> <i>Calopogonium</i>	100 100

(1) Toutes les cultures (excepté le *Cajanus cajan*) ont reçu un herbicide de préémergence.

Maïs et soja : 2 880 g m.a./ha Alachlor ;

Riz : 1 500 m.a./ha pendimethaline en préémergence ; 480 g m.a./ha 2-4D amlne en postémergence (40 jours).

(2) Indice de couverture de sol (%). Evaluation visuelle : 1 = 10 %, 2 = 20 %, 3 = 30 % à 10 = 100 % de couverture du sol par les adventices.

Tableau 5 : Effet de divers modes de gestion du sol et des cultures sur le nombre d'adventices à 40 jours après semis et sur le poids vert des adventices dans la culture de soja (variété Doko, semis décembre). Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1986-1987.

Mode de gestion des sols et cultures ⁽¹⁾		Nombre d'adventices à 40 jours	
Rotation	x Préparation du sol	Par m ² (2)	Effet de rotation par rapport à la monoculture Effet de préparation par rapport à l'offset
Monoculture de soja avec herbicides	Offset continu (85 et 86)	14,2	100
	Offset (86) après labour (85)	12,0	100
	Scarification (86) après labour (85)	10,5	100
	Labour continu (85 et 86)	10,9	100
Soja après riz sans herbicides	Offset continu (85 et 86)	19,5	137
	Offset (86) après labour (85)	16,7	139
	Scarification (86) après labour (85)	22,5	214
	Labour continu (85 et 86)	7,5	69
Soja après maïs sans herbicides	Offset continu (85 et 86)	39,2	329
	Offset (86) après labour (85)	42,2	402
	Scarification (86) après labour (85)	25,7	236
Poids vert des adventices à la récolte			
Mode de gestion des sols et cultures ⁽¹⁾		Par m ² (2)	Effet de rotation par rapport à la monoculture Effet de préparation par rapport à l'offset
Rotation	x Préparation du sol		
Monoculture de soja avec herbicides	Offset continu (85 et 86)	96,2	100
	Offset (86) après labour (85)	38,7	100
	Scarification (86) après labour (85)	35,0	100
	Labour continu (85 et 86)	28,7	100
Soja après riz sans herbicides	Offset continu (85 et 86)	87,2	90
	Offset (86) après labour (85)	91,2	236
	Scarification (86) après labour (85)	76,2	218
	Labour continu (85 et 86)	41,6	145
Soja après maïs sans herbicides	Offset continu (85 et 86)	66,2	171
	Offset (86) après labour (85)	60,0	171
	Scarification (86) après labour (85)	25,4	89

(1) Utilisation d'herbicide : 2 800 g.m.a./ha de Alachlor en préémergence.

(2) Moyenne de quatre répétitions tirées au hasard au début de la culture.

Tableau 6 : Indice de couverture du sol et principales adventices à quarante-cinq jours après les récoltes de riz, maïs, soja (cycle unique) en fonction de divers modes de gestion des sols et des cultures. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1987-1988.

Culture (87-88)	Précédent (86-87)	Offset continu		Semis direct (no tillage)		Offset labour (85-86)		Scarification		Labour d'entrée et de fin de cycle	
		Indice de couverture ⁽¹⁾	Principales adventices ⁽²⁾	Indice de couverture	Principales adventices	Indice de couverture	Principales adventices	Indice de couverture	Principales adventices	Indice de couverture	Principales adventices
Soja	Après soja (monoculture)	6	Acanthospermum Cenchrus Ageratum Calopogonium	7	Acanthospermum Ageratum	4	Acanthospermum Phyllanthus	5	Acanthospermum Ageratum	3	Acanthospermum
	Après riz	-	-	9	Ageratum Cenchrus Ipomea	0-1	Phyllanthus	0-1	Phyllanthus	0-1	Phyllanthus Cenchrus
	Après maïs	-	-	8	Ageratum Acanthospermum Cenchrus	0-1	Phyllanthus	0-1	Phyllanthus	0-1	Phyllanthus
Riz	Après riz (monoculture)	-	-	-	-	-	-	-	-	4-5	Cenchrus
	Après soja	3	Acanthospermum Boerhaavia	4	Ageratum Cenchrus Boerhaavia	7	Acanthospermum Ageratum Ipomea Nerisplantes	4	Acanthospermum Cenchrus Ipomea Boerhaavia	1-2	Phyllanthus Ageratum
Maïs	Après soja	-	-	5	Boerhaavia Maïs	4	Acanthospermum Ageratum Maïs	4	Acanthospermum Maïs	3	Maïs Acanthospermum

(1) Echelle de couverture du sol : évaluation visuelle : 1 = 10 %, 2 = 20 %, 3 = 30 %, ... 10 = 100 % de couverture.

(2) Nom de genre des principales adventices classées par dominance.

Tableau 7 : Indice de couverture du sol et principales adventices quarante-cinq jours après la récolte du riz, maïs ou soja (cycle court) dans les successions annuelles sous divers modes de gestion des sols et des cultures. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1987-1988.

Succession de cultures (87-88)	Précédent (86-87)	Préparation		
		Semis direct		Scarification
		Indice de couverture ^a	Principales adventices ^a	
Soja + maïs	Après soja + maïs	4	Cenchrus, Bidens	2-3
	Après maïs	3	Acanthospermum, Bidens	1
	Après riz + Cajanus	2	Acanthospermum, Bidens	0
	Après Cajanus + riz	3	Digitaria, Bidens, Richardia	0
Soja + sorgho	Après soja + sorgho	3	Acanthospermum, Bidens, Cenchrus	2
	Après maïs	4	Acanthospermum, Cenchrus, Bidens	0-1
	Après riz + Calopogonium	0-1	Bidens	0
	Après Cajanus + maïs	0		0
Maïs + Calopogonium	Après soja + maïs	7	Cyperus et maïs	3-4
Sorgho (+ repousse)	Après soja + sorgho	0-1	Ageratum	1
Riz + Calopogonium	Après soja + sorgho	10	Calopogonium	3
Cajanus cajan + riz	Après soja + maïs	1	Ageratum, Physalis, Cyperus	1-2

(1) Echelle de couverture du sol : évaluation visuelle : 1 = 10 %, 2 = 20 %, 3 = 30 %, ... 10 = 100 % du sol couvert par les adventices.

(2) Nom de genre des adventices, classé par dominance.

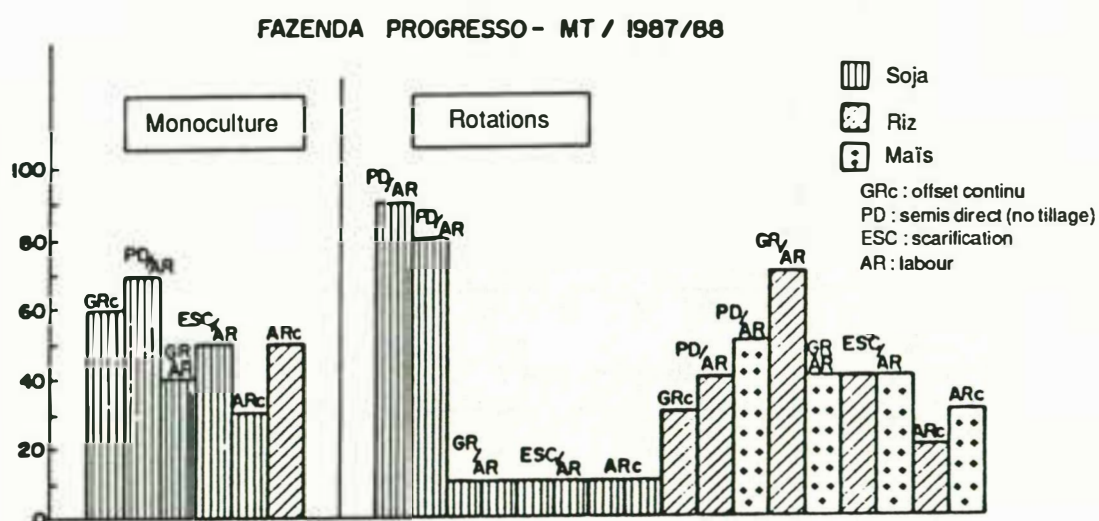


Figure 3 : Pourcentage de couverture de sol par les adventices à quarante jours après la récolte.

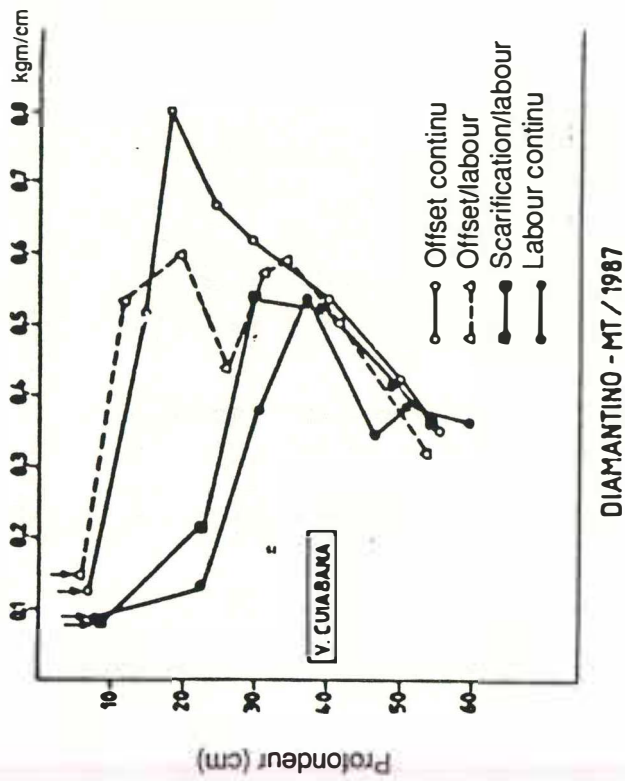


Figure 5 : Résistance mécanique à la pénétration sous divers modes de préparation du sol.

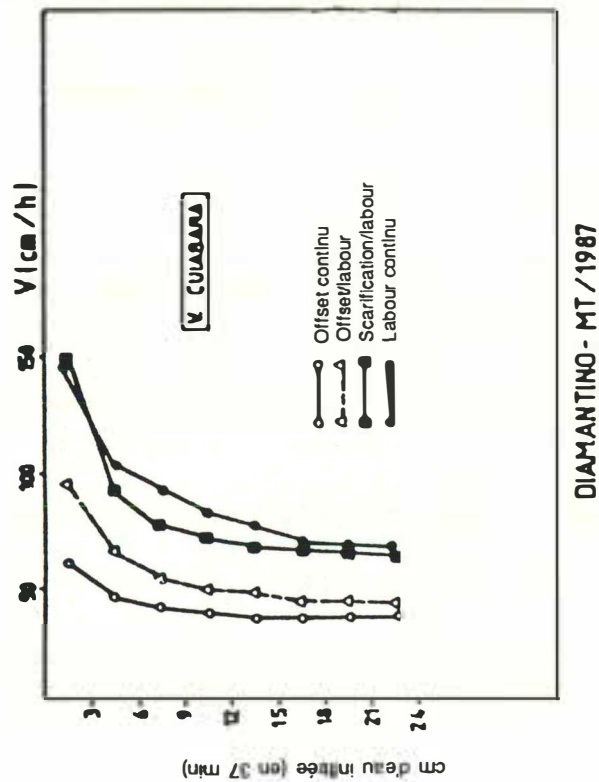


Figure 4 : Vitesse d'infiltration (V) de l'eau sous divers modes de préparation du sol.

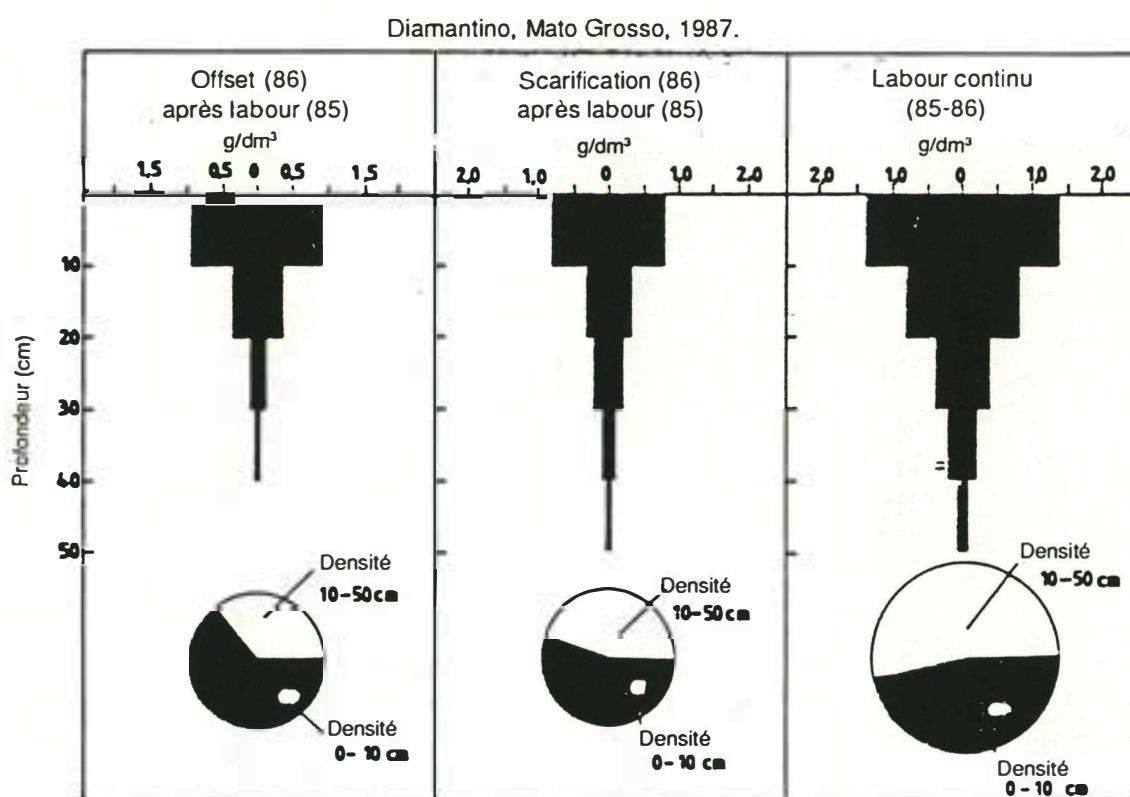
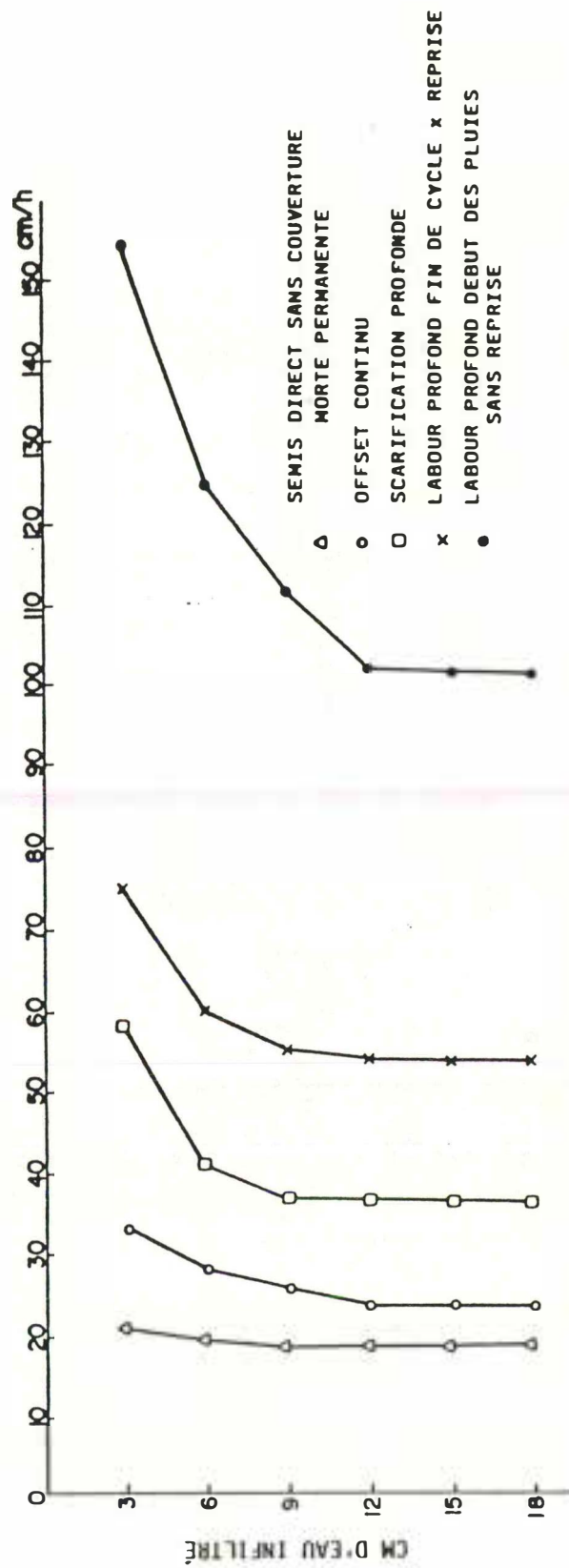


Figure 6: Densité racinaire de riz pluvial sous divers modes de préparation du sol.



FAZENDA PROGRESSO - MT / 1987/88

Figure 7 : Vitesse d'infiltration de l'eau sous divers modes de gestion du sol (cm/h).

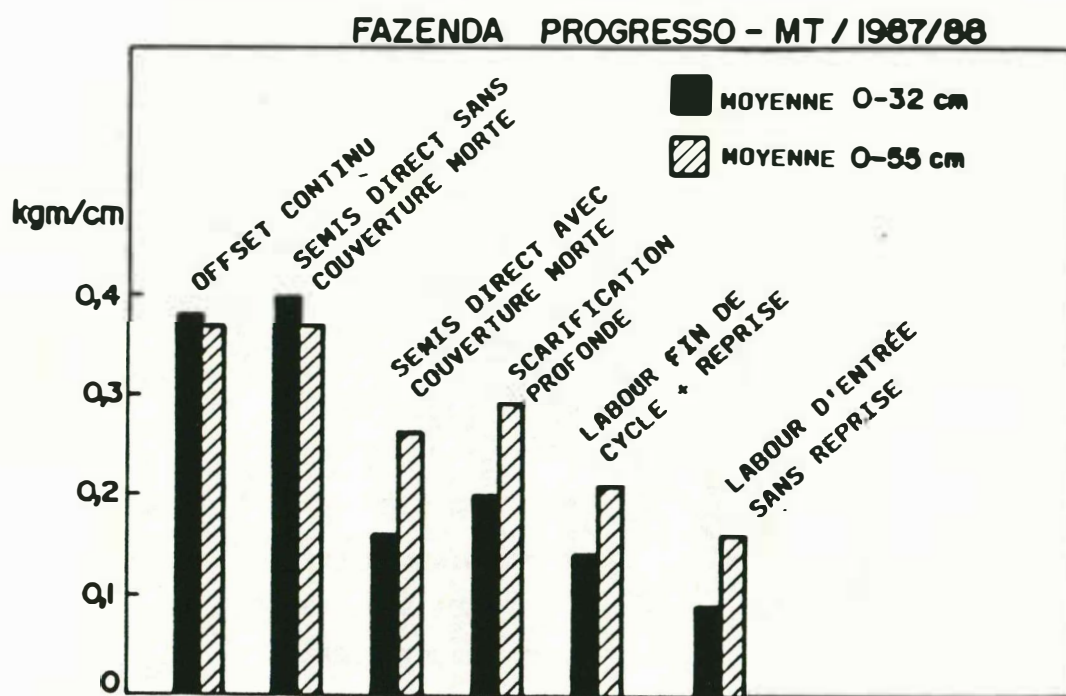


Figure 8 : Résistance mécanique à la pénétration sous divers modes de préparation du sol.

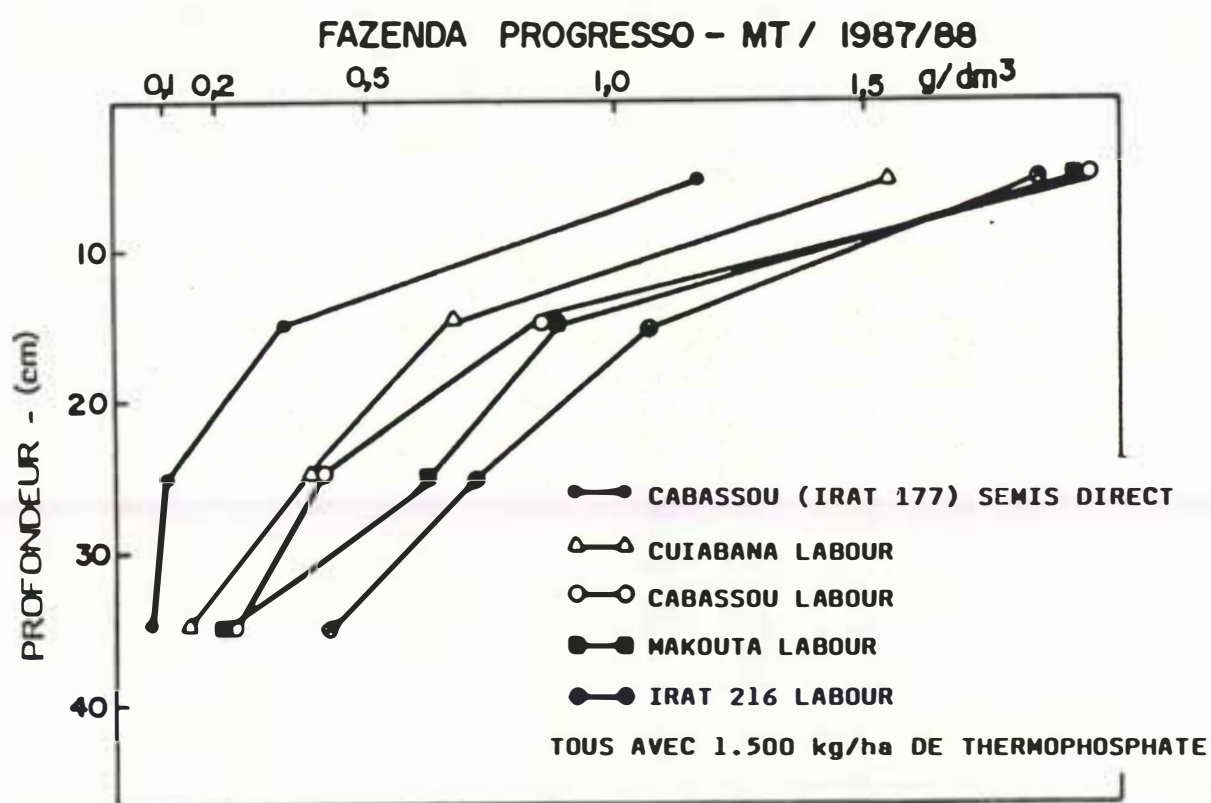


Figure 9 : Densité racinaire de diverses variétés de riz pluvial.

FAZENDA PROGRESSO - MT/1988

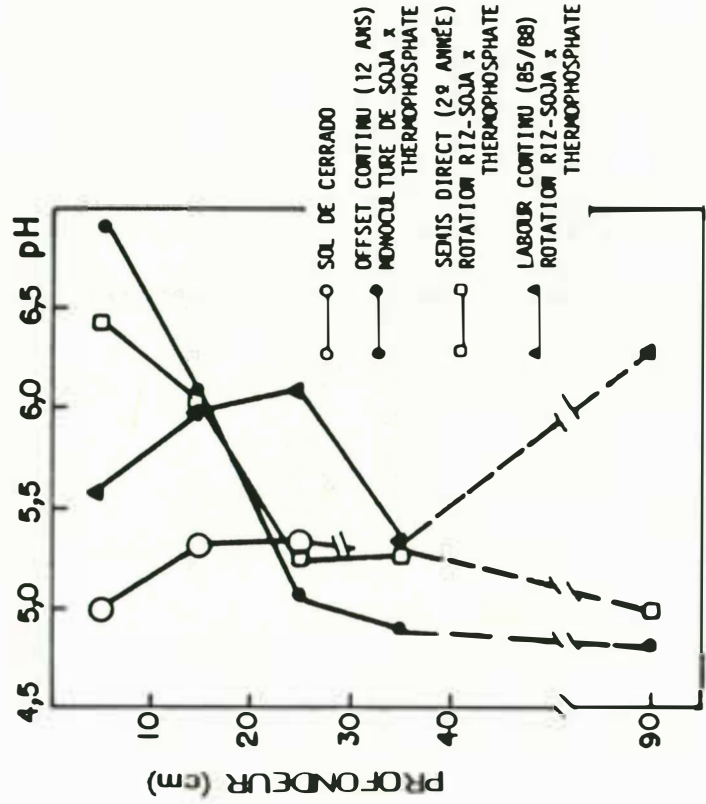


Figure10 : Evolution du pH sous divers modes de gestion du sol et des cultures.

FAZENDA PROGRESSO - MT/1988

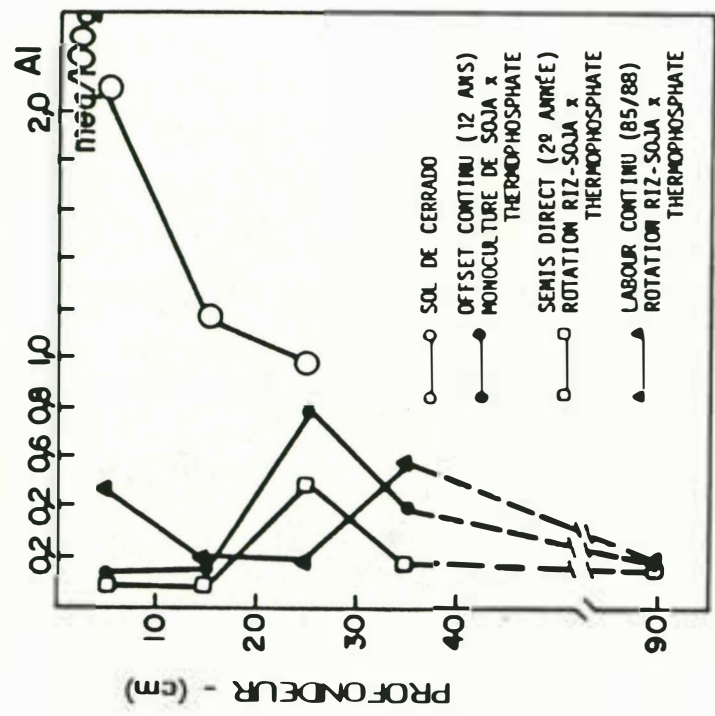


Figure 11 : Teneurs en Al sous divers modes de gestion du sol et des cultures.

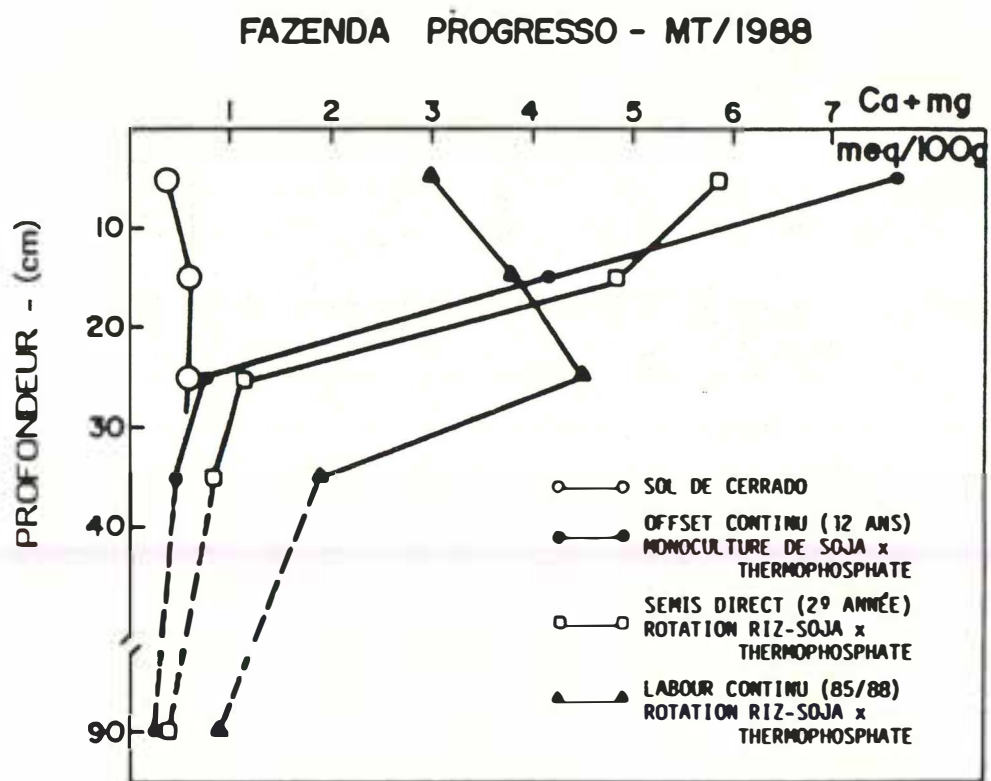


Figure 12: Teneurs en Ca + Mg sous divers modes de gestion du sol et des cultures.

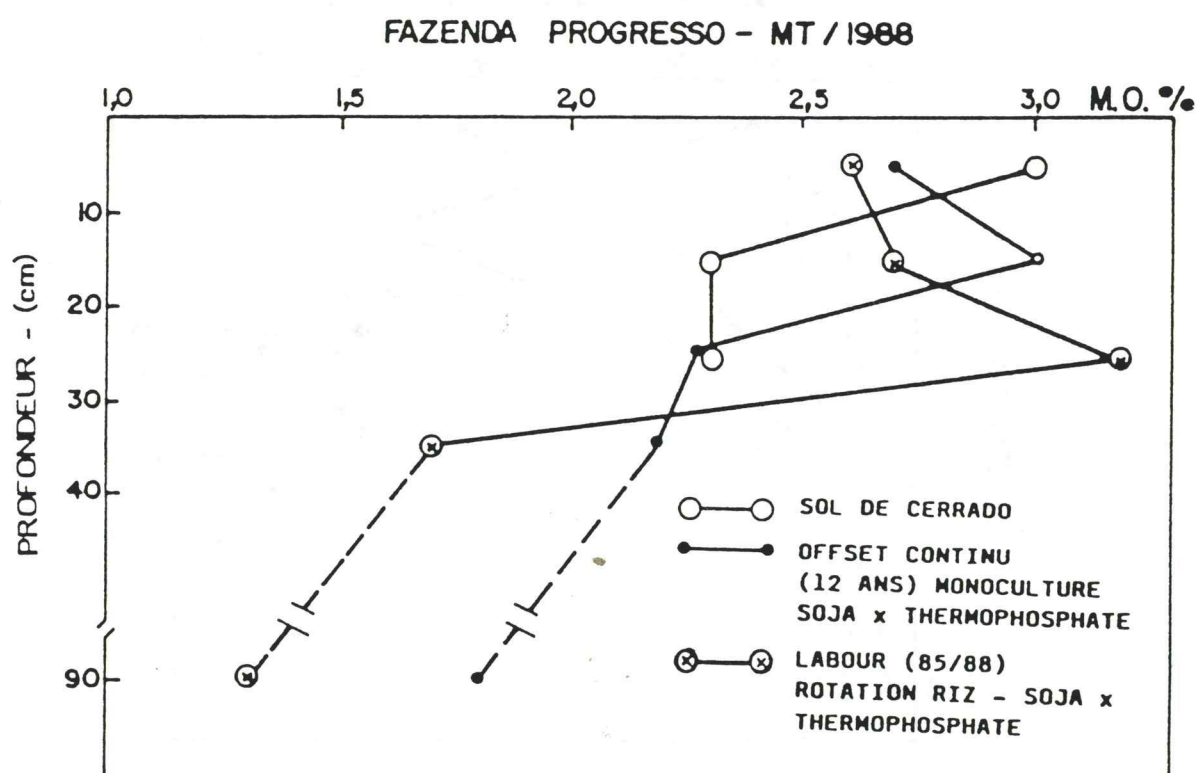


Figure 13 : Teneurs en matière organique sous divers modes de gestion du sol et des cultures.

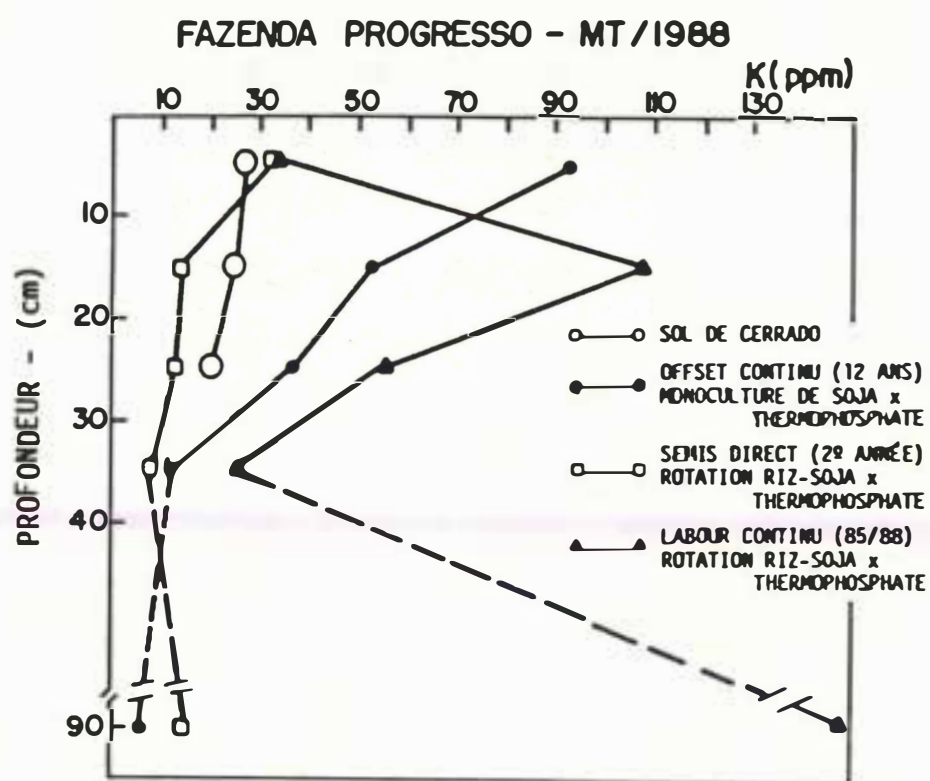


Figure 14 : Teneurs en K sous divers modes de gestion du sol et des cultures.

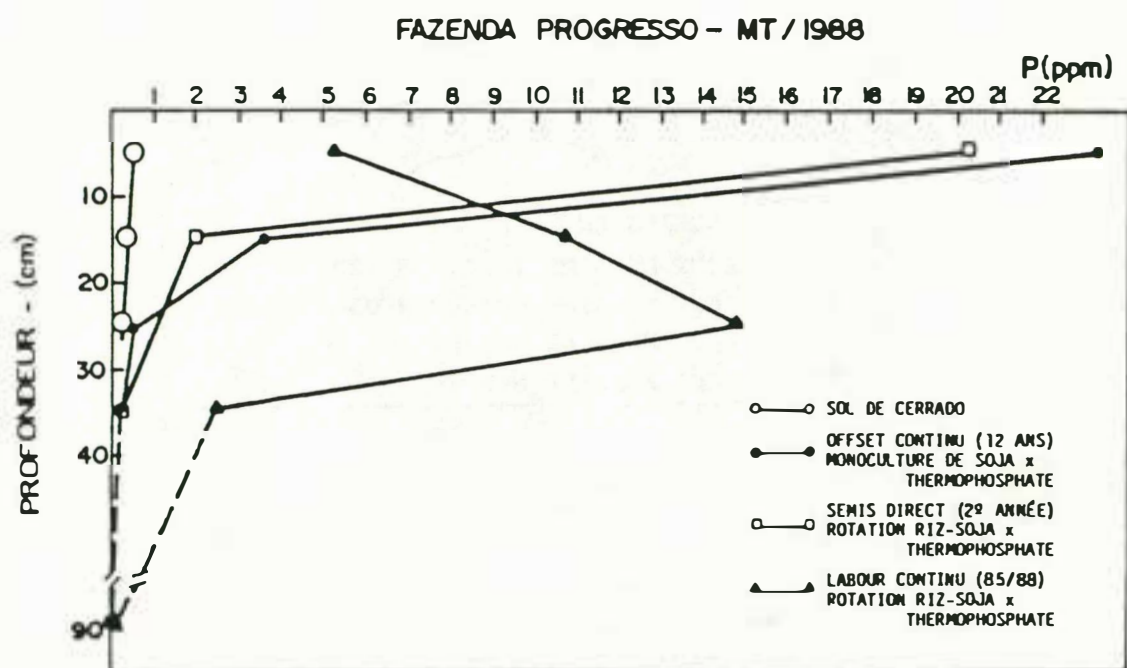


Figure 15 : Teneurs en P_2O_5 sous divers modes de gestion du sol et des cultures.

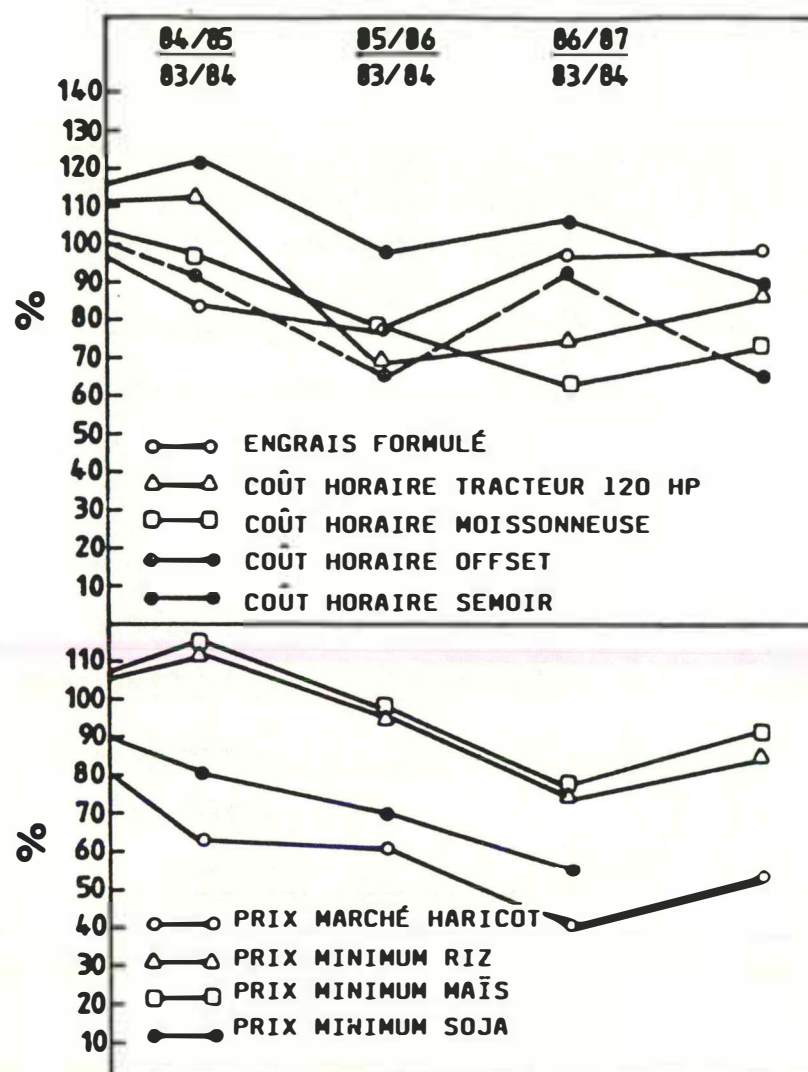


Figure 16 : Variations interannuelles des prix de quelques intrants et produits.

Tableau 8 : Effets de deux modes de gestion de la fertilisation sur la productivité (kg/ha) du riz pluvial après soja. Fazenda Progresso, Mato Grosso, 1987-1988.

Fertilisation	Cultivar							
	IAC 47	Cuiabana	Cabassou (IRAT 177)	Makouta	Araguaia	Paranaíba	GA 4146	IRAT 216
Fumure conventionnelle ⁽¹⁾	2 631	2 914	3 430	2 784	2 584	2 490	3 101	2 725
Thermophosphate ⁽²⁾	3 805	3 180	4 322	4 606	3 340	3 571	4 228	4 651
Gain de productivité avec thermophosphate(%)	+ 44	+ 09	+ 26	+ 65	+ 29	+ 43	+ 36	+ 71

(1) Fumure conventionnelle : 300 kg/ha 4-28-16-Zn + 40 kg/ha micro-éléments FTE BR 12 au semis
couvertures +

(2) Thermophosphate : 1 500 kg/ha thermophosphate Yoorin BZ (pour 3 ans) + 100 kg/ha KCl
mêmes couvertures (cf. [1])

Préparation du sol : labour profond
Herbicide : 1 500 g m.a./ha pendiméthaline en préémergence

Cette forte interaction entre le type de cultivar et le mode d'application des amendements, illustré dans le tableau 8, est confirmé par des variétés prometteuses (IRAT 216 et Makouta)* à enracinement vigoureux qui obtiennent des rendements de 4 606 kg/ha en présence de thermophosphate contre 2 784 kg/ha sans thermophosphate (fumure NPK localisée) soit un gain de rendement de 71 % (photo 5).

La technique de semis direct conduit dès la seconde année, même sur précédent soja, à une très faible productivité égale à 1 716 kg/ha pour Cuibana et 2 070/ha pour Cabaçu, ce qui confirme la nécessité absolue de recomposer la macroporosité avant chaque cycle pour l'obtention de hauts rendements de riz pluvial (photo 4).

Enfin, en 1988 on obtient, à la Fazenda Progresso, un rendement de 3 225 kg/ha sur cinquante hectares en appliquant les meilleures techniques préconisées avec une dose de thermophosphate réduite à 200 kg/ha mélangée avec la fumure soluble NPK (200 kg/ha de 4-28-16) [figure 20].

En résumé, la clé de la réussite pour atteindre des hautes productivités de riz pluvial réside dans l'application simultanée des techniques suivantes :

- recomposer la macroporosité à chaque cycle par le labour profond ;
- semer en rotation avec le soja ou engrais vert (cajanus, calopogonium) ;
- semer directement sur labour profond sans passage de pulvérisateur offset ;
- fertiliser avec du thermophosphate incorporé au moment du labour, 1 500 à 2 000 kg/ha, amortissable sur trois, quatre cultures plus 100 kg/ha de chlorure de potasse (à chaque cycle) ;
- appliquer 3 l/ha de pendiméthaline, en préémergence du riz, compléter si nécessaire avec 1 l/ha de 2-4D amine quarante-cinq jours après semis ;
- choisir des variétés productives, résistantes à la verse, à la pyriculariose, rynchosporiose, phoma sur grains ;
- appliquer en couverture :
 - 100 kg/ha de sulfate d'ammoniaque 25 à 30 jours après semis,
 - 100 kg/ha de sulfate d'ammoniac 50 à 60 jours après semis plus 50 kg/ha de KCl (d'autant plus important dans les années très pluvieuses).

Culture du soja

De la même manière que pour le riz pluvial, la productivité du soja et sa stabilité sont conditionnées par la qualité du profil cultural.

Les tableaux qui résument les principaux résultats relatifs aux alternatives les plus démonstratives, tant pour la culture de soja de cycle long que pour celle de soja de cycle court des successions à deux cultures annuelles, mettent en évidence les conclusions suivantes :

Dans les systèmes à une seule culture annuelle, le système de la région, de monoculture continue associée au travail au pulvérisateur offset, est celui qui offre toujours la productivité la plus faible, ceci d'autant plus nettement que l'année est

* Certains matériaux végétaux, mentionnés dans cette publication sont testés dans le Programme national de recherche sur le riz.

plus pluvieuse (1987-1988) pour laquelle le rendement ne dépasse pas 1 416 kg/ha (photo 6) ; la productivité moyenne sur deux ans, de ce système traditionnel de monoculture passe de 1 857 kg/ha à 2 595 kg/ha si l'on utilise la technique de labour profond, soit un gain de 40 %.

Si l'on associe la pratique des rotations avec riz et maïs à la technique du labour profond continu de fin ou de début de cycle pluvieux, les rendements moyens atteignent 3 029 kg/ha sur précédent riz et 3 153 kg/ha sur précédent maïs, soit des augmentations de rendement respectives de 63 % et 70 % ; on note, en outre, malgré des fluctuations climatiques notables, que ces nouveaux modes de gestion offrent une excellente stabilité de la productivité, toujours supérieure à 3 000 kg/ha (variétés Doko en 1986-1987 et Cristalina en 1987-1988) [figure 21 et photo 6].

Dans les systèmes à deux cultures annuelles en succession, la réponse de la variété de cycle court IAC8 aux modes de gestion du sol et des cultures est similaire à celle du soja de cycle long. En année relativement moins pluvieuse comme 1986-1987, le meilleur traitement — labour profond x rotation avec maïs — produit 3 527 kg/ha contre seulement 1 950 kg/ha sur le système de monoculture avec scarification profonde, soit un gain de productivité supérieure à 81 % (figure 22). En année très pluvieuse comme 1987-1988, les meilleurs rendements sont obtenus après les successions cajanus + maïs et cajanus + riz, avec des productivités respectives de 2 970 kg/ha et 2 927 kg/ha contre 1 806 kg/ha sur semis direct après succession soja + maïs, soit une augmentation de rendement d'environ 60 % (figure 23).

Dans les deux cas, le travail profond continu du sol (labour ou scarification) après les successions où la restitution de paille est importante permet de maintenir une productivité d'environ 3 000 kg/ha en moyenne.

Sur la Fazenda Progresso, le producteur, appliquant les meilleurs modes de préparation du sol obtient, des résultats **équivalents** à ceux obtenus par l'**unité expérimentale implantée** sur son exploitation, c'est-à-dire supérieurs à 3 000 kg/ha, alors que la moyenne de rendement de la région ne dépasse pas 2 000 kg/ha en 1988-1988.

En résumé, culture de soja

Les techniques de travail profond, labour de début ou de fin de cycle pluvieux et la scarification profonde, associées aux rotations avec maïs ou riz permettent d'assurer une excellente stabilité de rendement, supérieur à 3 000 kg/ha.

Globalement, en plus de la stabilisation de la productivité de soja, au-dessus de 3 000 kg/ha, est mis au point un ensemble de techniques qui contribuent à apporter des bénéfices agronomiques très importants pour le maintien de la fertilité du sol et augmentent en même temps, de manière très significative, la capacité des équipements mécanisés.

La culture de maïs

Pratiquée dans les systèmes à une seule ou à deux cultures annuelles avec le soja, cette culture répond de manière moins marquée aux modes de gestions des sols que les cultures de riz et de soja comme l'indiquent les tableaux 18, 19 et 24. Néanmoins, la productivité, étant supérieure à 4 400 kg/ha en 1987-1988 se maintient en progrès constant, est toujours plus élevée sur travail profond du sol (labour ou scarification) que sur travail superficiel au pulvérisateur offset (1986-1987) ou sur semis direct sans couverture morte (1987-1988). Avec ces techniques, les gains moyens de rendements sur les deux ans sont de l'ordre de 12 %.

La progression de la productivité en un an a dépassé 23 %, sur tous les modes de préparation du sol.

Il est important de signaler que les pertes à la récolte mécanisée sont souvent supérieure à 20 % ; ces pertes considérables sont dues à la conjonction d'une trop forte humidité au moment de la récolte et à un pourcentage important de verse provoquée par des attaques d'insectes (foreurs de tiges). Sans ces pertes, la productivité moyenne des hybrides de Cargill 115 et Contimax 322 dépasse 6 t/ha pour un semis direct d'octobre Dams 9 t/ha de couverture morte continue de calopogonium.

Le maïs de cycle court et le sorgho, semés tardivement dans les successions annuelles après le soja de cycle court, procurent des niveaux de rendements encore modestes, respectivement de 1 400 kg/ha et 1 700 kg/ha en 1987 (figure 24) ; ils peuvent être très rapidement améliorés en gagnant quinze jours à trois semaines sur la date de semis tardive (mars) et en utilisant la technique de semis direct, en chaîne, au fur et à mesure de la récolte du soja de cycle court. Ces options à deux cultures annuelles, dont un soja de cycle court, sont extrêmement importantes pour assurer une meilleure protection du sol et augmenter la flexibilité du calendrier agricole et la capacité des machines.

Enfin, le producteur de la Fazenda Progresso obtient en 1987-1988 une productivité de 4 153 kg/ha sur 50 ha, soit des résultats très voisins de ceux obtenus sur l'unité expérimentale avec les mêmes modes de gestion des sols et des cultures.

La similitude de rendements atteints par l'unité expérimentale et la Fazenda Progresso démontre les qualités opérationnelles de la démarche de recherche utilisée.

Conséquences économiques

Comme le montrent la figure 16, la conjoncture économique a été très fluctuante ces dernières années. Pour couvrir les coûts de production par hectare, il a été nécessaire de produire, en 1987-1988, de 42 à 46 sacs (1 sac = 60 kg environ) par hectare de riz, 30 à 36 sacs de soja et 65 à 71 sacs de maïs ; le maïs et le riz étant payés au prix minimal, alors que le soja est payé au prix du marché qui est beaucoup plus favorable.

Par rapport aux coûts totaux de production, les diverses techniques de travail du sol ne représentent que 12 % des coûts totaux, soit un montant dérisoire en regard de leur importance déterminante sur la productivité des cultures et leur stabilité (figure 17).

Parmi les techniques de travail du sol, le labour profond en sol très humide au mois de novembre est la technique la plus chère avec un coût de 6,4 OTN par hectare ; cette même opération réalisée en sol ressuyé, en fin ou en entrée de cycle pluvieux, ne coûte plus que 3,86 OTN par hectare soit une diminution de coût de 40 % ; la technique du pulvérisateur offset en sol très humide est presque aussi chère que le labour dans les mêmes conditions avec un coût par hectare de 5,26 OTN. En conditions d'humidité adéquates proches de la capacité au champ, son coût est le plus bas à l'hectare avec 2,67 OTN ; la scarification profonde, dans les mêmes conditions est à peine plus chère : 2,86 OTN par hectare (tableaux 9, 10 et 11).

Les options de cultures les plus lucratives sur deux ans, par ordre décroissant d'intérêt et comme l'indiquent les tableaux, sont :

la culture de soja : a) options soja cycle unique en rotation avec le maïs et le riz et la technique de labour profond continu, b) option soja cycle court avec successions annuelles et labour profond la première année et scarification la seconde année, en rotation avec cajan cajan (engrais vert) plus riz. Ces options procurent des soldes

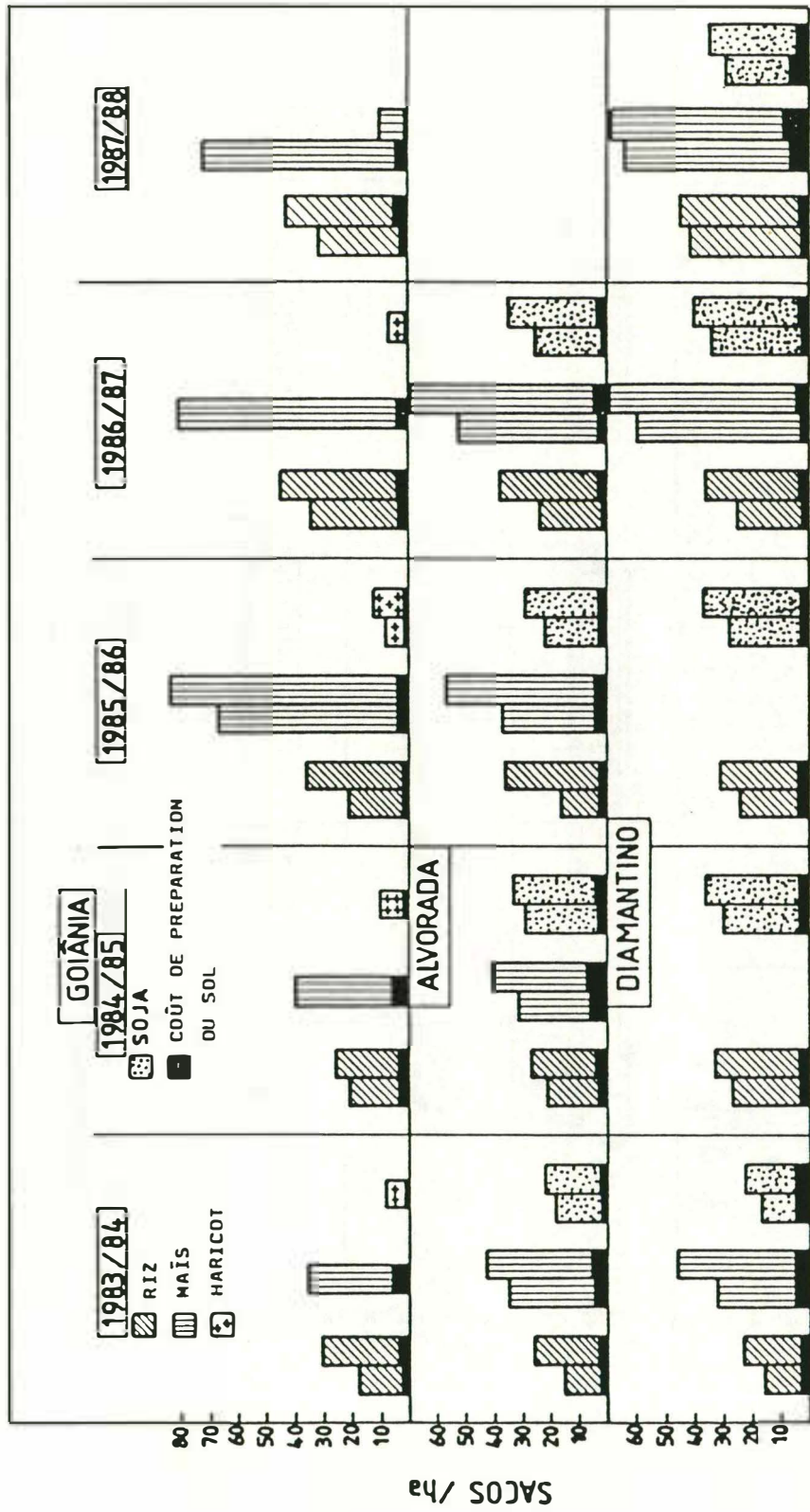


Figure 17 : Amplitude des coûts de production.

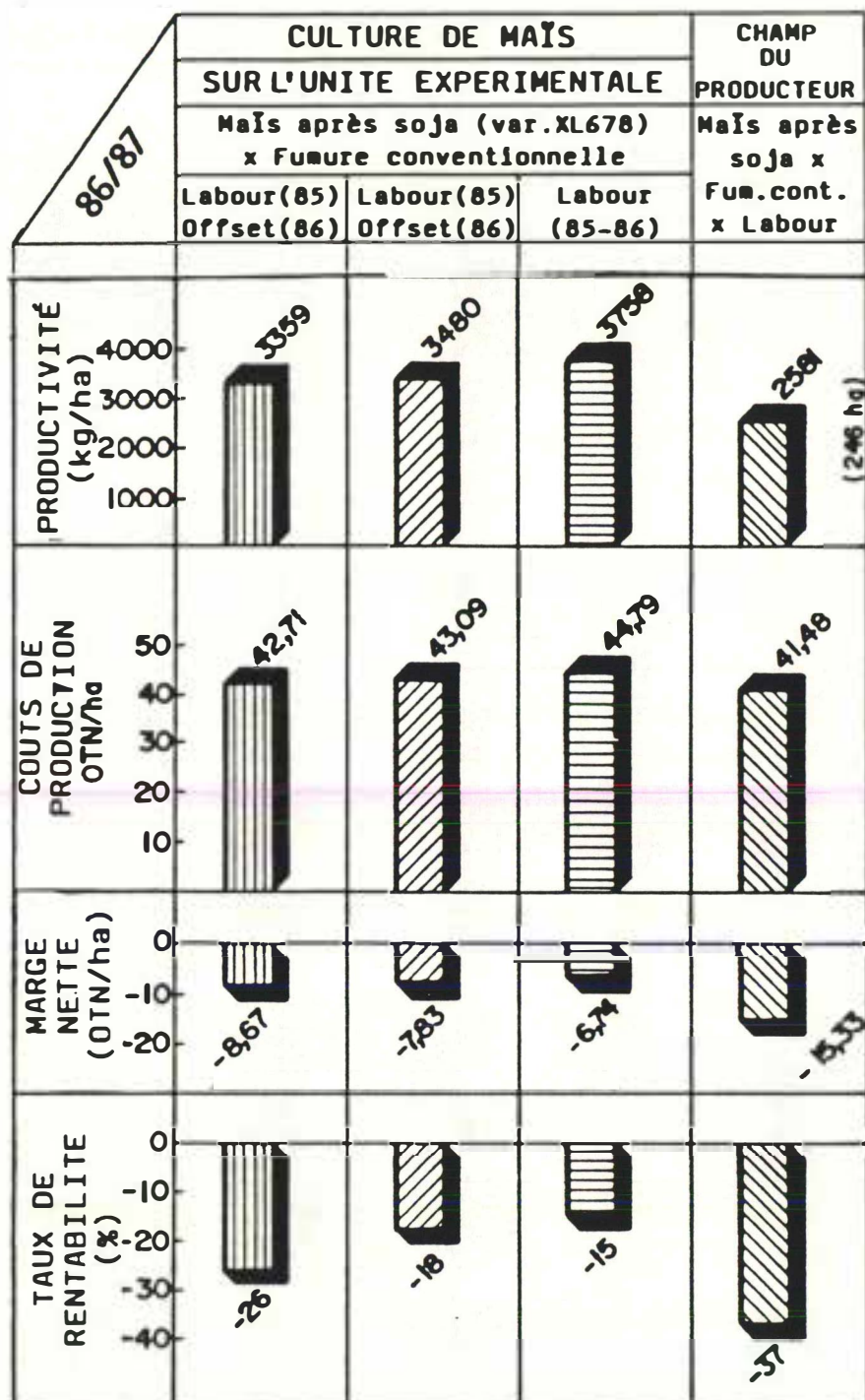


Figure 18 : Résultats agro-économiques des pires aux meilleures alternatives de maïs, cycle unique, 1986-1987.

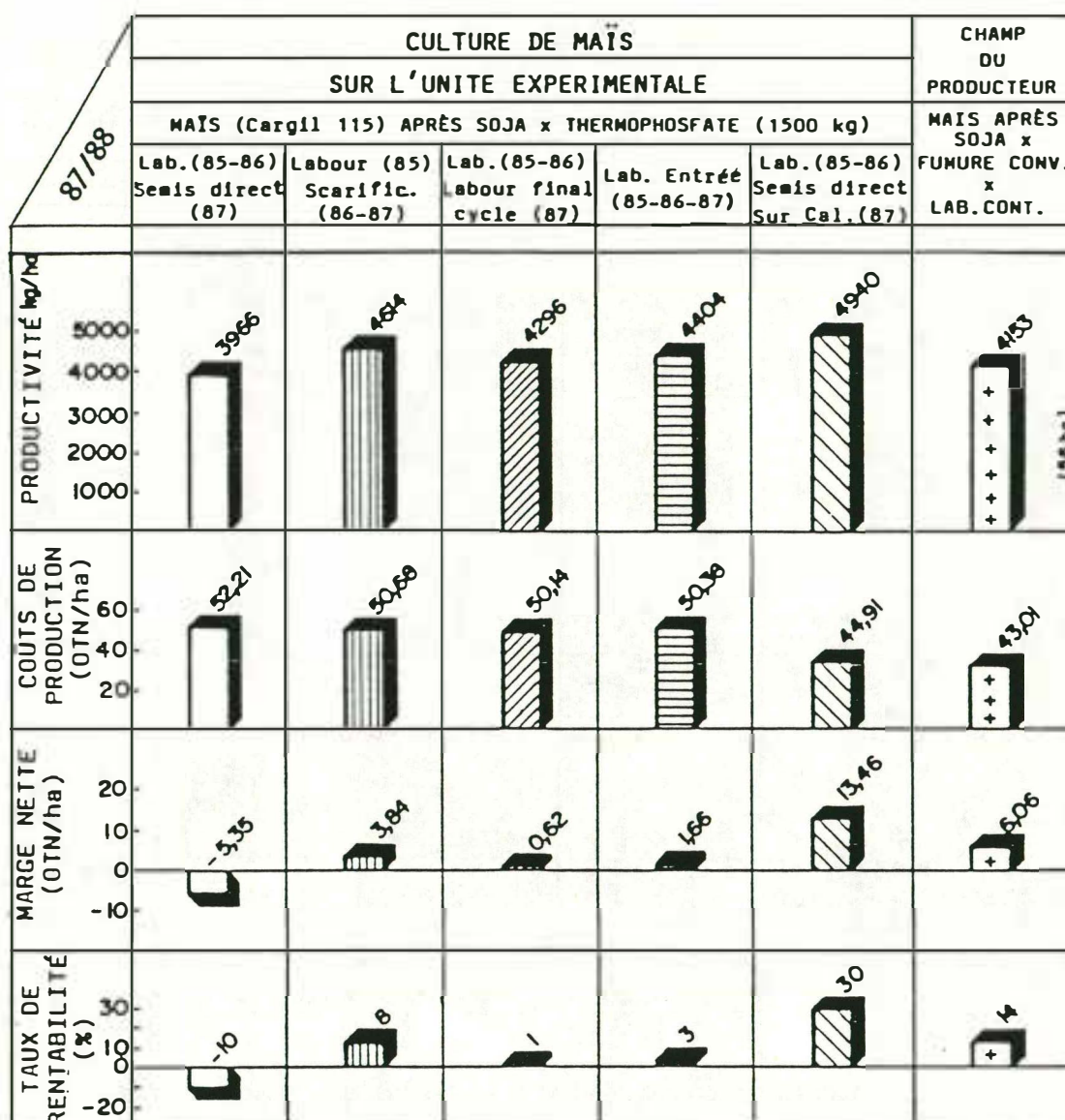


Figure 19 : Résultats agro-économiques des pires aux meilleures alternatives de maïs, cycle unique, 1987-1988.

FAZENDA PROGRESSO - MT/ 1986/87 - 1987/88

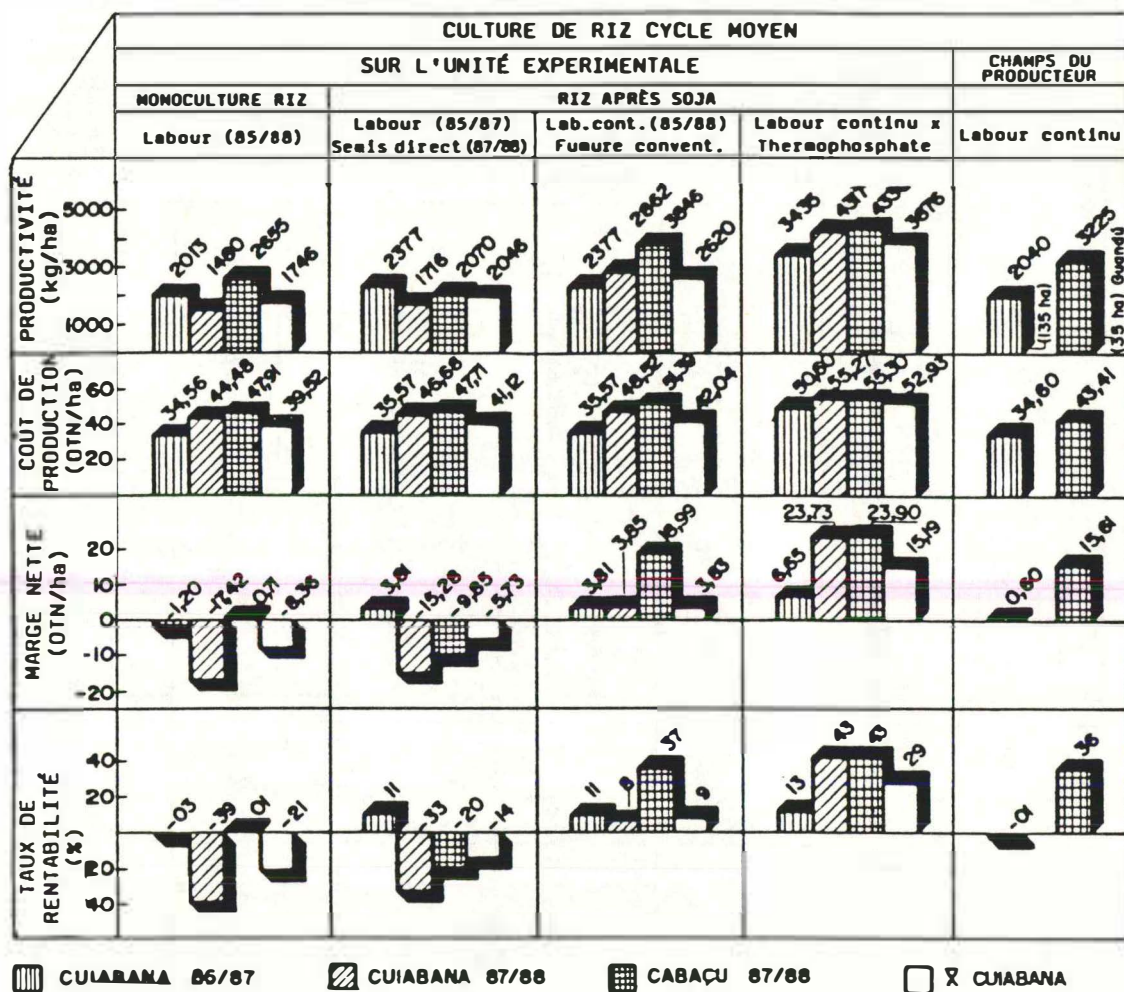


Figure 20 : Résultats agro-économiques des pires aux meilleures alternatives de riz, cycle unique, 1986-1988.

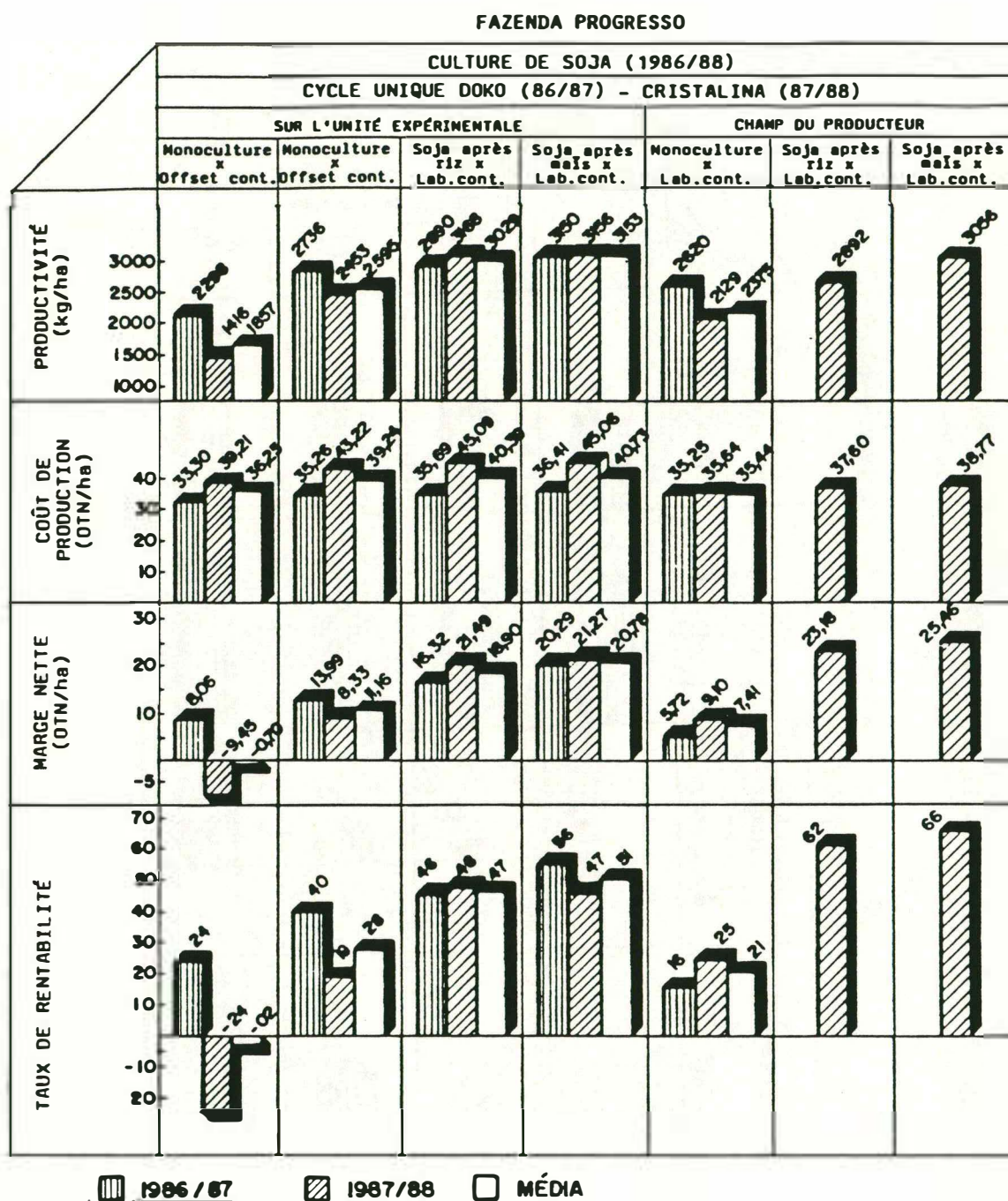


Figure 21 : Résultats agro-économiques des pires aux meilleures alternatives de soja, cycle unique, 1986-1988.

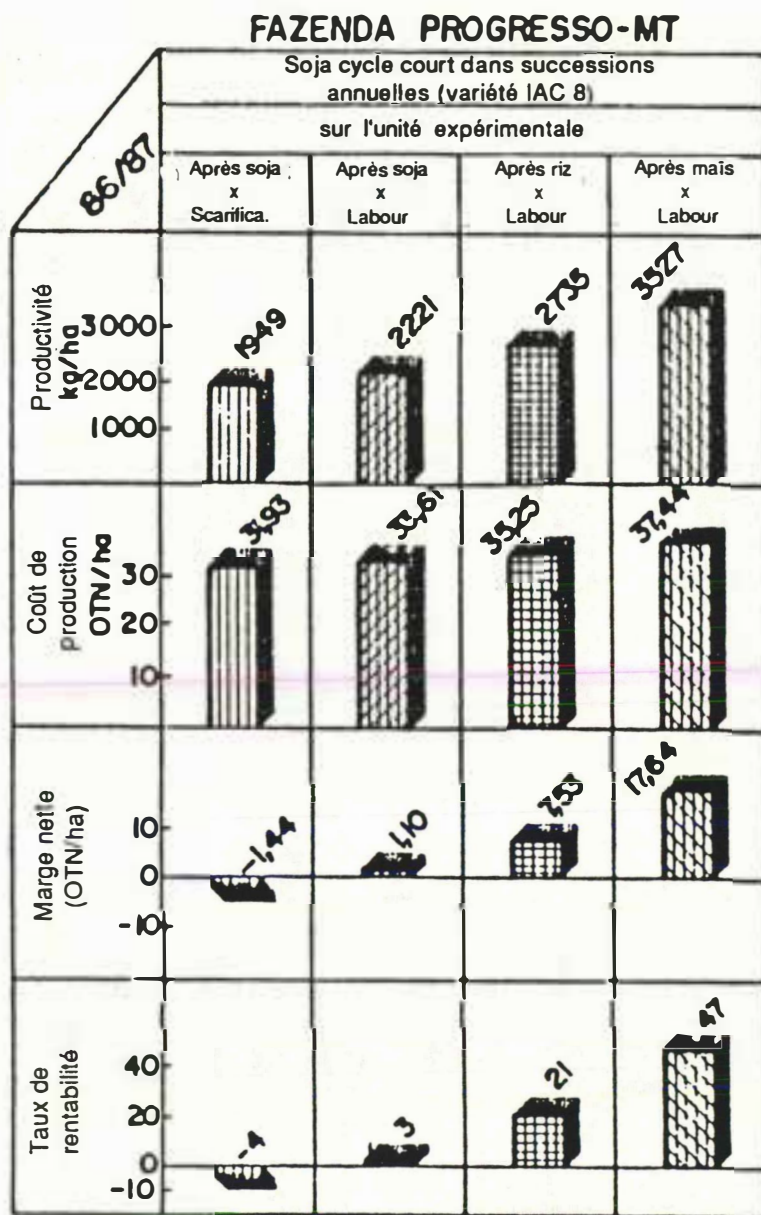


Figure 22: Résultats agro-économiques des pires aux meilleures alternatives de soja, cycle court, 1986-1987.

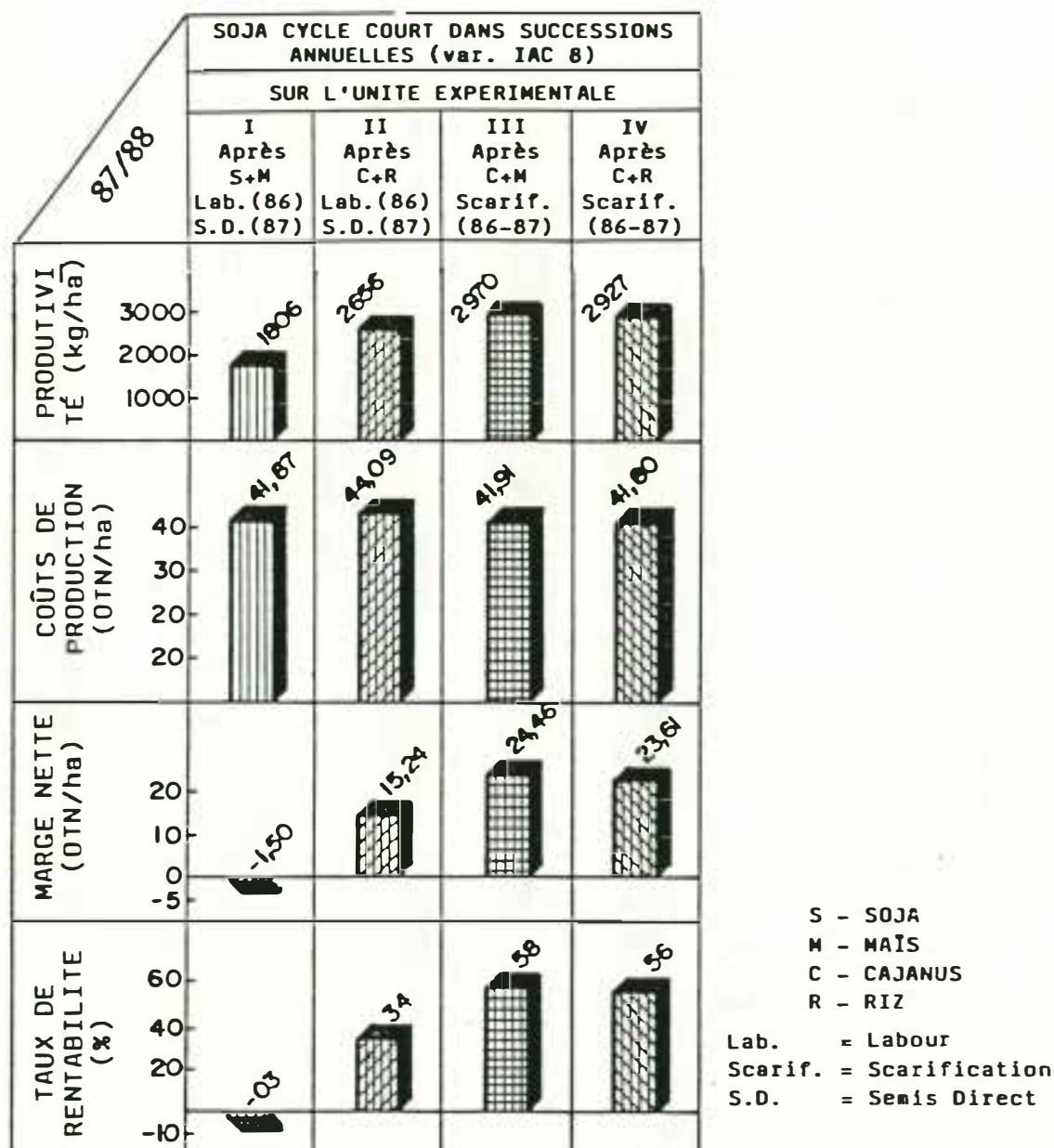


Figure 23 : Résultats agro-économiques des pires aux meilleures alternatives de soja, cycle court, 1987-1988.

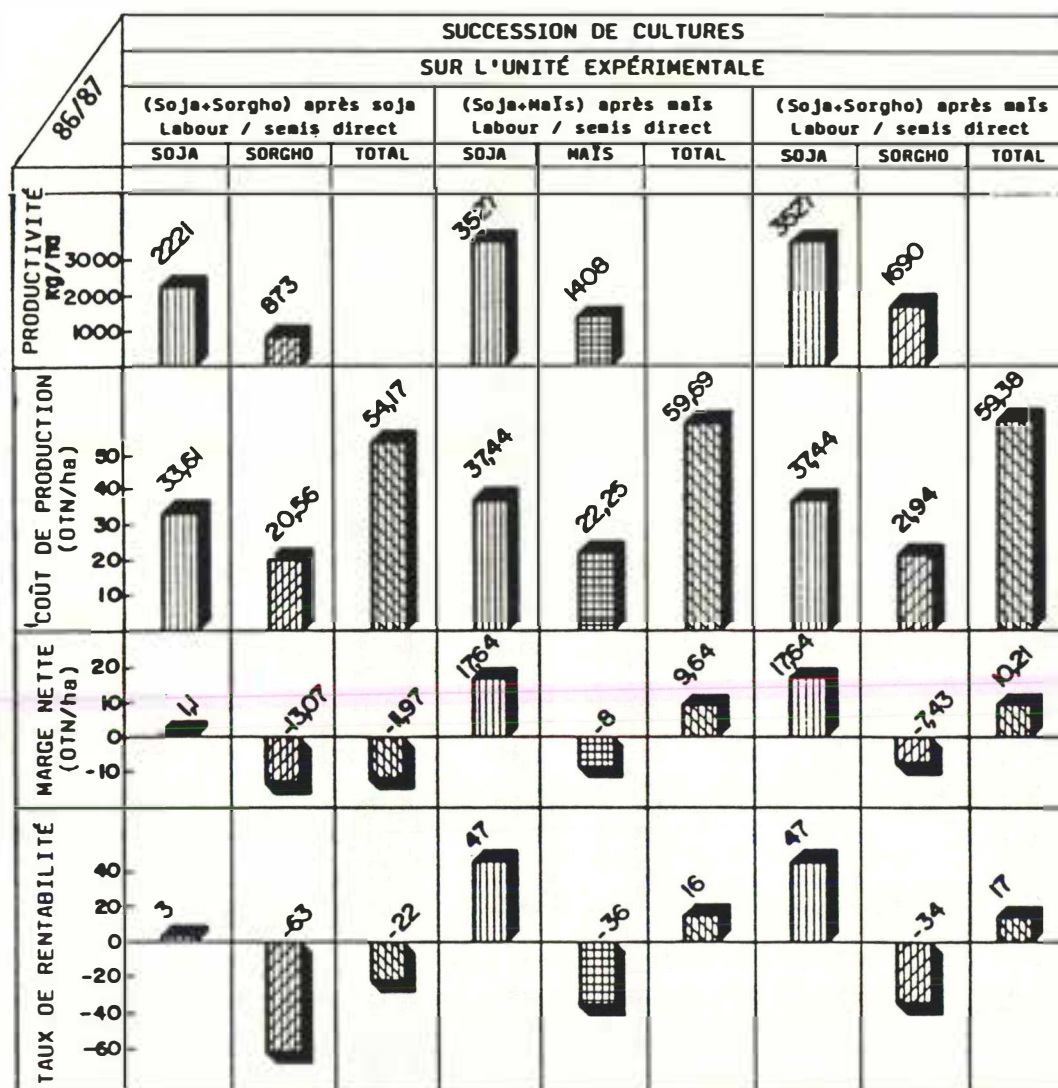


Figure 24 : Résultats agro-économiques des pires aux meilleures alternatives de successions de cultures, 1986-1987.

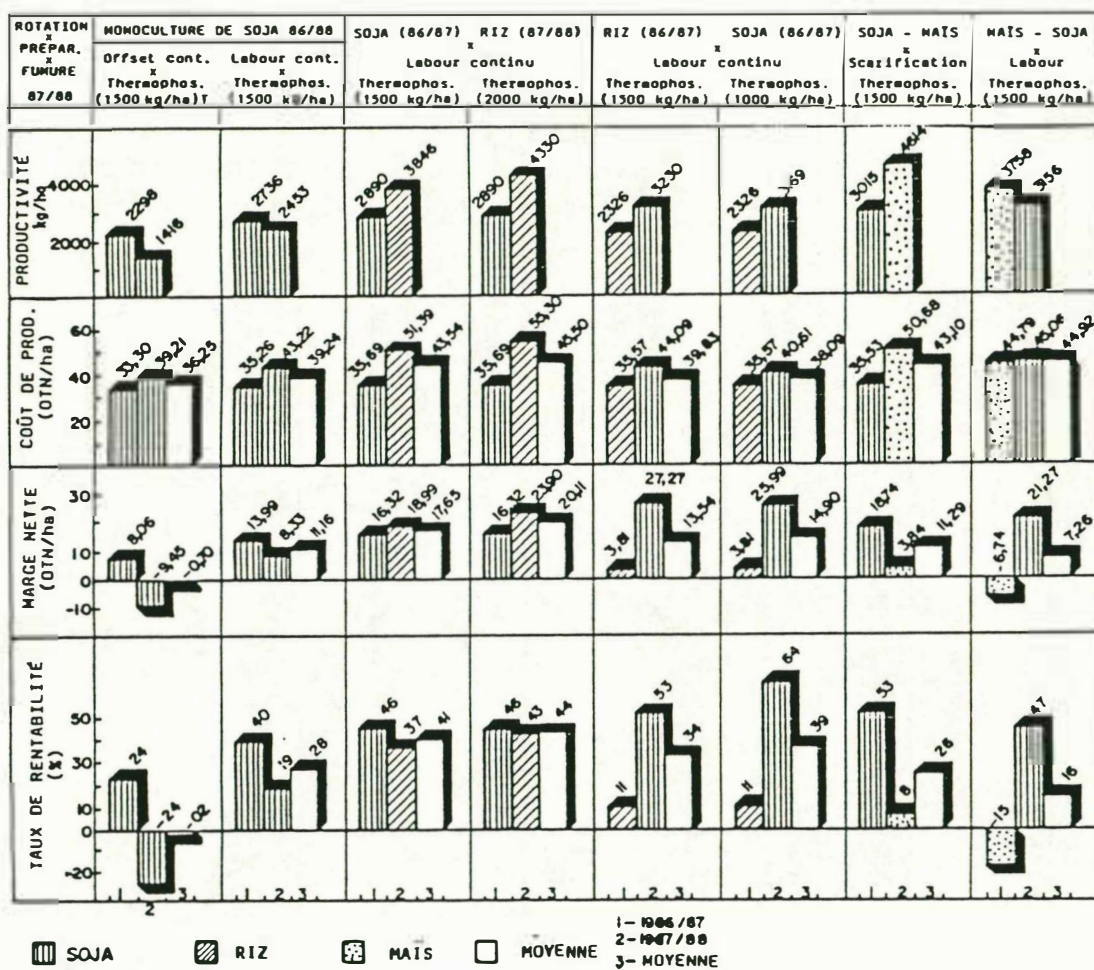


Figure 25 : Résultats agro-économiques des meilleures alternatives systèmes comparées au témoin du producteur (T), 1986-1988.

Tableau 9 : Composantes des coûts de production par alternative de mode de gestion, production nécessaire en sacs par hectare⁽¹⁾ pour le paiement des diverses composantes de la culture de riz pluvial. Fazenda Progresso, Soriso, Mato Grosso, 1987-1988.

Rotation x	Riz (cycle unique)			après soja			(variété Cabassou)		
	Préparation du sol x Fumure			Labour fin de cycle x thermophosphate (1 500 kg/ha)			No tillage x thermophosphate (1 500 kg/ha)		
	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)
Opérations									
Amortissement chaulage	2,05	04	1,9	2,05	04	1,9	2,05	04	1,9
Amortissement correction P ₂ O ₅	16,43	36	14,9	16,43	33	14,9	16,43	34	14,9
Coût du <i>Cajanus cajan</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Probranchage + herbicide total	-	-	-	-	-	-	3,98	08	3,6
Préparation du sol	2,67	06	2,4	3,70	07	3,3	-	-	-
Semis	6,57	14	6,0	6,57	13	6,0	7,81	17	7,1
Herbicide (pré et post)	4,91	11	4,5	4,91	10	4,5	4,91	10	4,5
Insecticide	1,33	03	1,2	1,33	03	1,2	1,33	03	1,2
Couverture Net K	5,18	11	4,7	5,18	10	4,7	5,18	11	4,7
Récolte + séchage	6,83	15	6,2	10,07	20	9,2	6,03	13	5,5
Coûts totaux	45,97	100	41,8	50,24	100	45,7	47,72	100	43,4

Rotation x	Riz après <i>Cajanus cajan</i> , (variété Guarani)			Labour d'entrée x fumure conventionnelle		
	Labour d'entrée x thermophosphate (1 500 kg/ha)			Labour d'entrée x fumure conventionnelle		
	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)
Opérations						
Amortissement chaulage	2,05	04	1,9	2,05	04	1,9
Amortissement correction P205	16,43	31	14,9	-	-	-
Coût du <i>Cajanus cajan</i>	4,38	09	4,0	4,38	09	4,0
Probranchage + herbicide total	-	-	-	-	-	-
Préparation du sol	3,86	07	3,5	3,86	08	3,5
Semis	6,57	12	6,0	18,86	40	17,2
Herbicide (pré et post)	4,91	09	4,5	4,91	10	4,5
Insecticide	1,16	02	1,0	1,16	03	1,0
Couverture N	5,18	10	4,7	5,18	11	4,7
Récolte + séchage	8,15	16	7,5	6,82	15	6,2
Coûts totaux	52,69	100	48,0	47,22	100	43,0

(1) Prix minimum du riz : 1,098 OTN/sac de 60 kg.

1 OTN = 7,5 \$ US (ou 45 FF).

Tableau 10 : Composantes des coûts de production par alternative de mode de gestion, production nécessaire en sacs par hectare⁽¹⁾ pour le paiement des diverses composantes de la culture de maïs. Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1987-1988.

Maïs cycle unique après soja (variété Cargill 115)									
Rotation x Préparation du sol x Fumure	Offset x thermophosphate (1 500 kg/ha)			Labour fin de cycle thermophosphate (1 500 kg/ha)			No tillage x thermophosphate (1 500 kg/ha)		
	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)
Opérations									
Amortissement chaulage	2,05	04	2,9						
Amortissement correction P ₂ O ₅	16,43	33	23,2				2,05	04	2,9
Coût du <i>Cajanus cajan</i>	-	-	-				16,43	31	23,2
Probrøyage + herbicide total	-	-	-				-	-	-
Préparation du sol	2,67	05	3,7				5,63	11	7,9
Semés	6,44	13	9,1				-	-	-
Herbicide	6,68	13	9,4				6,66	13	9,4
Insecticide	1,33	03	1,8				6,68	13	9,4
Couverture N	4,45	09	6,3				1,33	02	1,8
Récolte + séchage	10,16	20	14,4				4,45	09	6,3
Coûts totaux	50,21	100	70,8				8,98	17	12,7
							52,21	100	73,6

Maïs après <i>Cajanus cajan</i> (variété Cargill 606)									
Rotation x Préparation du sol x Fumure	Labour d'entrée x thermophosphate (1 500 kg/ha)			Labour d'entrée x fumure conventionnelle (300 kg/ha 4-28-16)					
	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)
Opérations									
Amortissement chaulage	2,05	04	2,9						
Amortissement correction P ₂ O ₅	16,43	33	23,2				2,05	04	2,9
Coût du <i>Cajanus cajan</i>	4,38	09	6,2				-	-	-
Probrøyage + herbicide total	-	-	-				4,38	10	6,2
Préparation du sol	3,86	07	5,4				-	-	-
Semés	6,44	13	9,1				3,86	08	5,4
Herbicide	3,60	07	5,1				19,20	41	27,1
Insecticide	1,33	02	1,8				3,60	08	5,1
Couverture N	4,45	09	6,3				1,33	03	1,8
Récolte + séchage	7,65	16	10,8				4,45	10	6,3
Coûts totaux	50,19	100	70,8				7,39	16	10,4
							46,26	100	65,2

(1) Prix de marché du maïs : 0,103 OTN/sac de 60 kg.
1 OTN = 7,5 \$ US (environ 45 FF).

Tableau 11 : Composantes des coûts de production par alternative de mode de gestion, production nécessaire en sacs par hectare⁽¹⁾ pour le paiement des diverses composantes de la culture de soja. Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1987-1988.

Soja cycle unique après maïs (variété Cristalina)									
Rotation ou succession x Préparation x Fumure	Offset x thermophosphate (1 500 kg/ha)			Labour fin de cycle thermophosphate (1 500 kg/ha)			Labour entrée x fumure conventionnelle (300 kg/ha 0-20-20)		
	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)
Opérations									
Amortissement chaulage	2,05	05	1,6	2,05	05	1,6	2,05	06	1,6
Amortissement correction P ₂ O ₅	16,43	37	13,1	16,43	37	13,1	-	-	-
Préparation du sol	5,12	12	4,0	5,26	12	4,2	6,42	17	5,1
Probranchage + herbicide total	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semis	5,65	13	4,5	5,65	13	4,5	15,34	41	12,2
Herbicide	3,60	08	2,8	3,60	08	2,8	3,60	10	2,8
Insecticide	2,65	06	2,1	2,65	06	2,1	2,65	07	2,1
Récolte + séchage	8,15	19	6,5	8,29	19	6,6	7,23	19	5,7
Coûts totaux	43,65	100	34,6	43,93	100	34,9	37,29	100	29,5

Soja dans succession soja + maïs après maïs (variété IAC 8)									
Rotation ou succession x Préparation x Fumure	No tillage x thermophosphate (1 500 kg/ha)			Scarification x thermophosphate (2 500 kg/ha)					
	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)	Coût (OTN/ha)	% total	Equivalent (sac/ha)
Opérations									
Amortissement chaulage	2,05	05	1,5	2,05	05	1,5			
Amortissement correction P ₂ O ₅	16,43	37	12,2	16,43	40	12,2			
Préparation du sol	-	-	-	2,86	07	3,9			
Probranchage + herbicide total	5,63	13	4,2	-	-	-			
Semis	5,87	13	4,4	5,65	14	4,2			
Herbicide	3,60	08	2,7	3,60	09	2,7			
Insecticide	2,65	06	2,0	2,65	06	2,0			
Récolte + séchage	7,57	18	5,6	7,81	18	5,8			
Coûts totaux	43,80	100	32,6	41,6	100	30,6			

(1) Prix de marché du soja : IAC 8 (février) = 1 341 OTN/sac de 60 kg.

Cristalina (mars-avril) = 1 261 OTN/sac de 60 kg.

1 OTN = 7,5 \$ US (ou 45 FF).

moyens compris entre 15 et 24 OTN par hectare et des taux de rentabilité variant de plus de 34 % à plus de 54 % (figures 21, 22, 23 et 24).

La culture de riz, surtout la seconde année, grâce à la forte progression des rendements. Option riz de cycle moyen en rotation avec le soja et la technique de labour profond continu et en présence de 2 000 kg/ha de thermophosphate (Yoorin BZ amortissable sur trois cultures). Le solde moyen sur deux ans, avec la variété Cuibana, atteint 15,2 OTN par hectare et un taux de rentabilité de plus de 29 %. Avec des variétés plus productives, ces bénéfices s'améliorent ; le solde est supérieur 23,9 OTN par hectare et le taux de rentabilité passe à plus de 43 %, valeurs similaires aux options soja (figure 20).

La culture de maïs, en 1987-1988, grâce aussi à une nette progression des rendements, en rotation avec riz + calopogonium, pratiquée avec la technique de semis direct sur couverture morte de calopogonium et en présence de 1 500 kg/ha de thermophosphate (Yooring BZ), le solde 1987-1988 est de 13,4 OTN par hectare et le taux de rentabilité de plus de 30 % (figure 19).

Plus importantes que les performances annuelles obtenues sur chaque culture, doivent être retenues les résultats des systèmes de cultures qui intègrent la meilleure évolution des performances économiques dans le temps, sur une même parcelle.

Les figures 21 à 26, qui illustrent les possibilités économiques de quelques alternatives de ces systèmes à une ou deux cultures annuelles, attirent les conclusions suivantes :

— **le système de culture actuel des producteurs** (monoculture x pratique continue des pulvérisateurs offsets) présente un solde et un taux de rentabilité moyens négatifs.

La simple utilisation du labour profond continu (de fin ou de début de cycle), appliquée à la monoculture, procure des résultats attractifs : solde moyen de plus de 11 OTN par hectare et taux de rentabilité de plus de 28 %. Néanmoins bien que positive sur le plan économique, cette option ne satisfait pas aux exigences de l'amélioration et du maintien de la fertilité du profil cultural, et ne peut donc être recommandée que comme une solution palliative et transitoire (faute de restitutions organiques à base de lignine et de cellulose).

Dans les systèmes possibles à une seule culture annuelle, l'utilisation conjointe des techniques de labour profond et des rotations soja-riz et riz-soja offre la meilleure option des systèmes actuels avec des soldes moyens respectifs de plus de 17,65 OTN par hectare et 13,5 OTN par hectare, soit des gains de plus de 58 % et plus de 21 % par rapport au système de monoculture de soja. Ces bénéfices s'améliorent encore nettement en présence de 2 000 kg de thermophosphate, qui procure des soldes moyens compris entre 15 OTN par hectare et 20 OTN par hectare. Les taux de rentabilité sont, dans ces deux cas respectivement, de plus de 41 % et plus de 34 % en présence de 1 500 kg/ha de thermophosphate contre 44 % et 39 % avec 2 000 kg/ha de thermophosphate, soit des gains de plus de 40 % par rapport au système de monoculture de soja amélioré par le labour continu.

Les systèmes soja-maïs et maïs-soja, pratiqués avec les techniques de travail profond du sol (labour de fin ou d'entrée de saison des pluies sur soja et scarification profonde sur maïs) procurent des résultats économiques moyens aussi très intéressants, voisins de ceux des systèmes de monoculture de soja amélioré par le labour. Ces systèmes sont, en outre, ceux qui valorisent le mieux les revenus du soja et qui contribuent par leurs bénéfices agronomiques décisifs aux objectifs de maintien de la fertilité du sol et de la stabilité des rendements de soja ;

Dans les systèmes à deux cultures annuelles (figure 24), deux options sont économiquement attractives et réalisent des performances voisines de celles de la monoculture de soja améliorée par le labour continu ; ce sont : les successions annuelles « soja/maïs » et « soja/sorgho » pratiquées en rotation avec le maïs et labour profond sur soja puis semis direct sur la culture de maïs. Les soldes moyens sont d'environ plus de 10 OTN par hectare et le taux de rentabilité de plus de 16 % ; on remarquera, cependant, que les revenus de soja sont très élevés mais grevés ensuite par la culture de maïs ou de sorgho en succession qui offrent toutes deux des résultats financiers négatifs. Les résultats économiques de ces successions annuelles « soja/maïs » et « soja/sorgho » peuvent être rapidement améliorés par la conjonction simultanée de la diminution des coûts de production sur les cultures les moins lucratives que sont le maïs et le sorgho et de la réalisation d'un semis plus précoce de maïs et sorgho, en plantant ces cultures avec la technique de semis direct, en chaîne, au fur et à mesure de la récolte du soja.

Répercussions techniques

L'utilisation simultanée de plusieurs des nouvelles alternatives de systèmes au niveau de la Fazenda Progresso permet de concilier en même temps : une augmentation des bénéfices, une meilleure gestion de la fertilité et de lutte anti-érosive et une plus grande flexibilité du calendrier agricole, avec une augmentation simultanée considérable de la capacité des équipements mécanisés. Le schéma 1 montre comment l'utilisation simultanée des cinq plus lucratives de ces alternatives permet de **doubler pratiquement la capacité des machines pour les opérations de préparation des sols, semis et récolte**. Les techniques détaillées de travail du sol sont décrites en annexe 1, pour atteindre ces objectifs, tout en préservant les propriétés physiques, chimiques et biologiques du profil cultural⁽¹⁾.

Conclusions

Par cette expérience de recherche conduite conjointement avec les producteurs, nous avons déjà donné quelques éléments déterminants de réponse pour des changements importants dans la conduite de l'agriculture régionale.

L'application généralisée des meilleurs systèmes confirmés permettrait rapidement d'augmenter la production de soja, riz et maïs, de plus de 30 % sur les mêmes surfaces, tout en préservant la fertilité du capital sol ; elle procurerait, en outre, un revenu et une stabilité économique accrus tout en revalorisant les cultures alimentaires comme le riz pluvial.

Les rendements réels obtenus sur ces meilleures alternatives systèmes, tant sur l'unité expérimentale que sur la Fazenda Progresso à grande échelle, sont de l'ordre de 4 500 kg/ha récoltés de maïs, plus de 3 000 kg/ha de soja et plus de 4 000 kg/ha de riz pluvial.

Pour que ces résultats soient possibles, il faut que le soja soit cultivé avant les céréales riz, maïs et sorgho et que ces mêmes céréales précèdent la culture de soja ; c'est cette communauté obligatoire des deux cultures (céréales et légumineuses), qui doit être

⁽¹⁾ Un logiciel est actuellement en développement pour la détermination de la capacité des équipements pour toutes les opérations en fonction de la pluviométrie.

gérée avec des techniques de travail rationnel du sol (labour profond), qui donne une productivité plus élevée et plus stable, c'est-à-dire économiquement plus attractive.

Pour renforcer cette stabilité économique, la politique agricole devrait rapidement améliorer les conditions de production et de commercialisation du maïs, riz et sorgho, **partenaires indispensables** pour la valorisation de la filière soja et le maintien de la fertilité des sols.

Le futur de l'agriculture à base de grains dans cette région dépend beaucoup de cette politique incitative pour les céréales, faute de quoi, le choix économique exclusif conduira inexorablement au scénario de monoculture de soja, soit à la faillite d'une agriculture stable et rentable et à la dégradation des terroirs.

Cette expérience de recherche en milieu réel, au-delà de l'élaboration de solutions applicables, a été aussi l'occasion de montrer que la recherche pour, chez et avec l'agriculteur n'est pas simplement théoricienne, mais une réalité opérationnelle, reproductible dans d'autres régions.

Elle a été, en particulier, extrêmement utile et valorisante pour les deux partenaires participants, en accélérant leur « professionnalisation » réciproque :

- ☐ Les agriculteurs ont pu assimiler rapidement, après les avoir observés, tous les aspects des techniques proposées en les réalisant.
- ☐ Les chercheurs ont dû formuler leurs propositions de changement en termes pratiques et utilisables par les producteurs.

La qualité de cette recherche a aussi permis de révéler que des sols réputés comme très peu fertiles peuvent, même dans un climat très agressif et avec des niveaux d'intrants modestes, produire des rendements plus élevés que les sols acides des régions tempérées, considérés comme beaucoup plus fertiles.

Enfin, la création-diffusion exceptionnelle des résultats a pu être possible grâce à la qualité des relations entre les divers partenaires et, en particulier, grâce au soutien décisif et constant des frères Matsubara, hier pionniers du développement maïs, aujourd'hui, pionniers de la recherche conduite conjointement avec le producteur dans cette même région.

Annexe I

LABOUR PROFOND ET SCARIFICATION DE FIN DE SAISON DES PLUIES

A partir du 15 mars, commencer les opérations de trituration et préincorporation des résidus de récolte pour faciliter la décomposition de la matière organique, l'infiltration de l'eau, l'émergence des adventices ; cette opération se fera avec un pulvériseur offset pour les pailles de maïs et de riz et avec pulvériseur léger après soja.

A partir du 15-20 avril, passer un pulvériseur offset léger sur toute la surface pré-incorporée pour éliminer les adventices, faire un mulch en surface qui crée une rupture de la capillarité et permet de conserver l'eau dans le profil jusqu'au 15 juin.

En chaîne, derrière le pulvériseur offset, commencer les labours profonds à la charrue à socs à partir du 20 avril, jusqu'à fin mai, début juin.

Lorsque les mottes créées deviennent trop grosses, abandonner le labour et continuer à la scarification profonde jusqu'à fin juin environ ; abandonner l'opération lorsqu'on remarquera que le sol devient trop dur.

En début de saison des pluies suivantes, ces terres recevront, après 40 mm de pluie un passage de vibroculteur, herse ou pulvériseur offset léger (le moins conseillé) et seront prêtes à être ensemencées.

Avec cette technique de labour de fin de cycle, une seule charrue trisocs peut, en quarante jours, préparer trois cents hectares et un scarificateur peut travailler dans les trente jours suivants plus de quatre cent hectares, surfaces considérables préparées dans d'excellentes conditions d'humidité, sans risque d'érosion pluviale, ou éolienne (structure grossière en surface).

Annexe II

LABOUR PROFOND DE DÉBUT DES PLUIES (fin septembre-octobre)

Si les terres à labourer sont sales, passer un pulvériseur offset après les trente, quarante premiers millimètres de pluie et commencer le labour profond, bien nivelé en surface : 30 à 35 cm de profondeur ; cette profondeur sera variable d'une année sur l'autre, entre 32-38 cm et 25-30 cm pour éviter la formation d'une semelle de labour. Après le labour, ne pas passer d'outil jusqu'au moment du semis. Au moment du semis, si c'est une culture de riz ou de maïs, semis direct sur le labour en veillant à la régularité de la profondeur de semis pour que les semences soient enterrées entre 3 et 5 cm maximum de manière uniforme sous le passage et entre les roues du

tracteur. Pour la culture de soja, au moment du semis, passer une herse ou un vibroculteur ou, à défaut, un pulvérisateur offset léger ; cette opération doit être faite en chaîne avec le semis. Les labours ne sont pas conseillés au delà du 15 novembre, lorsque le sol devient trop humide.

Annexe III

SCARIFICATION PROFONDE

Peut se réaliser en fin de cycle pluvieux (annexe I) ou en entrée de saison des pluies ; dans ce cas après 30-40 mm. Si les terres n'ont pas été travaillées en fin de cycle (préincorporation d'avril), passer un pulvérisateur offset et commencer la scarification profonde à 30-40 cm de profondeur. Ne plus travailler la surface jusqu'au moment du semis. Au semis, passer un pulvérisateur offset en chaîne devant le semis. Cette opération de scarification peut être réalisée tant que le sol n'est pas trop humide (jusqu'à fin octobre environ).

Dans toutes les techniques préconisées, la structure du lit de semences doit être relativement grossière pour éviter la formation d'une croûte, l'émergence des adventices et conserver la macroporosité, toute pulvérisation excessive de surface étant à proscrire.

Annexe IV

SEMIS DIRECT

Cette technique n'est actuellement recommandée que pour des semis réalisés dans les mois les plus pluvieux où la capacité des machines est très faible et les risques d'érosion et de gâchage du sol très forts. Elle sera utilisée dans le cas des systèmes à deux cultures annuelles en succession : soja de cycle court + maïs ou sorgho ; ces dernières seront implantées en semis direct dans la paille de soja sans préparation du sol, en chaîne derrière la moissonneuse-batteuse.

Le succès de cette technique réside d'abord dans le choix des équipements, principalement des semoirs qui donnent entière satisfaction. Les résultats agrotechniques déjà obtenus sont très prometteurs et les travaux de recherche devront être amplifiés et intensifiés, car les bénéfices agronomiques découlant du semis direct sont plus lents à venir que ceux des techniques de préparation de labour profond.

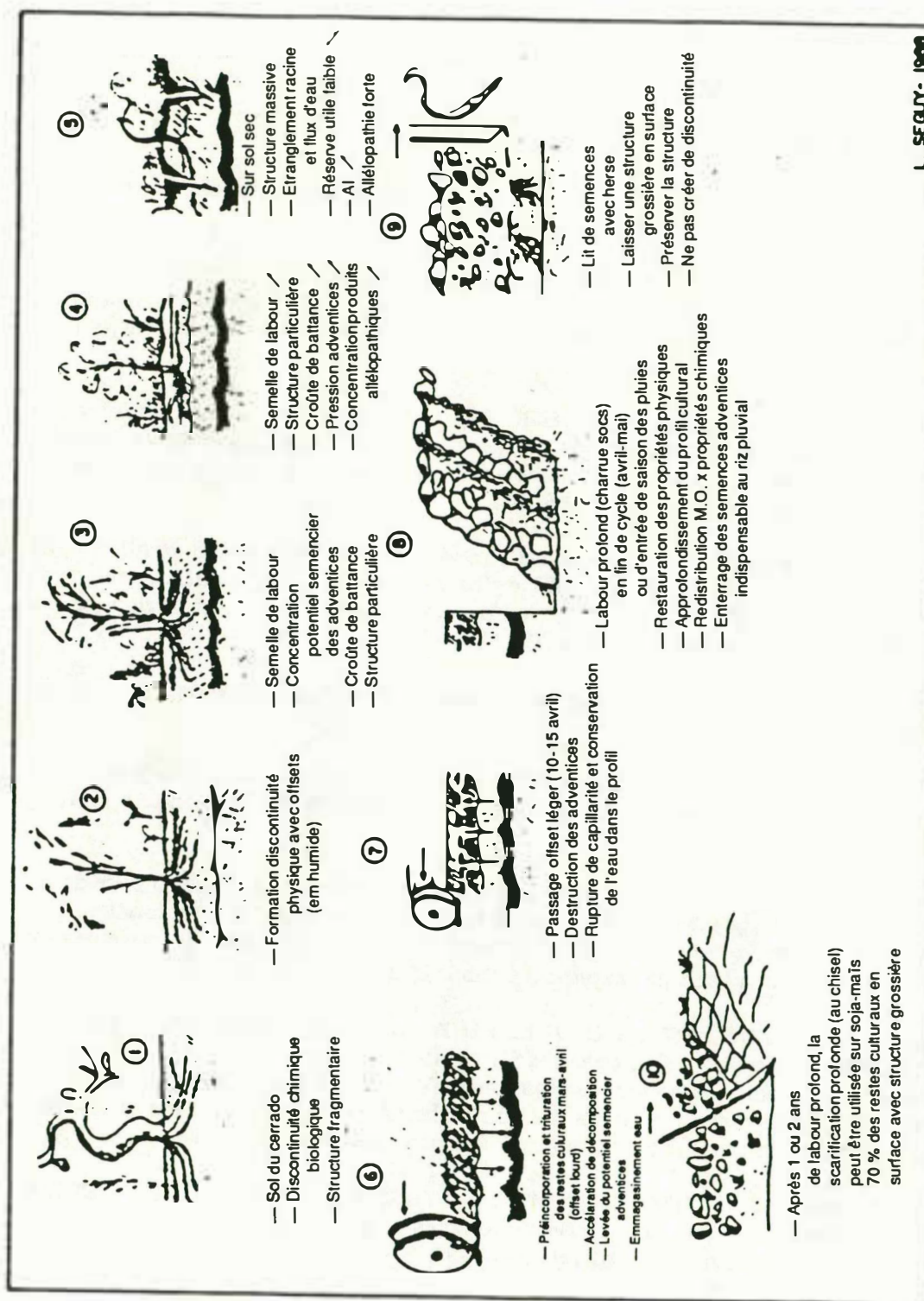


Schéma 2 : Formation de la semelle d'offset (1 à 5) et techniques de restauration des propriétés physico-chimiques et biologiques du profil cultural (6 à 10).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALVES MOREIRA J.A., DE RAISSAC M.M., SEGUY L., BOUZINAC S., 1987. La mise au point de systèmes de cultures à base de riz pluvial stables et adaptés aux conditions agro-socio-économiques régionales. II - Effets des modes de gestion des sols et des cultures sur les propriétés physico-chimique et biologiques du profil cultural et leurs conséquences sur l'alimentation hydriques et l'enracinement du riz pluvial dans le Brésil central. Doc. IRAT.

AUBERTIN C., 1986. A propos des cerrados. Communication pour le séminaire d'économie rurale, CIRAD, MESRU, Montpellier.

MARTY J.R., CABELGUENNE M., PUECH J., 1984a. Perspectives de valorisation d'un milieu par des assolements de grandes cultures. Essais d'optimisation technico-économique. I — Elaboration d'un modèle de choix d'assolement. *Agronomie*, 4 (9) : 871-884.

MARTY J.R., CABELGUENNE M., PUECH J., 1984b. Perspectives de valorisation d'un milieu par des assolements de grandes cultures optimisés techniquement, agronomiquement et économiquement. II — Exemples d'assolements : résultats techniques et agronomiques. *Agronomie*, 4 (10) : 915-925.

MARTY J.R., CABELGUENNE M., PUECH J., 1984c. Perspectives de valorisation d'un milieu par des assolement de grandes cultures : essais d'optimisation technico-économique. III — Aspects technico-économiques concernant l'eau et l'irrigation en assolements optimisés. *Agronomie*, 4 (10) : 915-925.

SANCHEZ P.A. *et al.*, 1974. Sub projeto preliminar. Brasília, centro de Pesquisa do cerrado. CPAC, 64 p.

SEGUY L., 1979. Une démarche expérimentale d'élaboration de système de production utilisables par les petits paysans. Doc. convênio EMBRAPA-IRAT. Sao Luiz. Maranhão, Brasil.

SEGUY L., BOUZINAC S., 1987. La mise au point de systèmes de cultures à base de riz pluvial, stables et adaptés aux conditions agro-socio-économiques régionales. I — Une approche systémique opérationnelle pour la création-diffusion de systèmes de cultures alternatifs à base de riz pluvial dans le Brésil central. Doc. IRAT.

SEGUY L., BOUZINAC S., NEIVA L.C. DA S., KLUTHCOUSKI J., TEIXEIRA S.M., 1987. La mise au point des systèmes de cultures à base de riz pluvial, stables et adaptés aux conditions agro-socio-économiques régionales. IV — Effets des modes de gestion des sols et des cultures sur les rendements du riz pluvial, du maïs, du soja et du haricot et sur leur stabilité dans le Brésil central ; conséquences économiques. Doc. IRAT.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO CENTRO-OESTE SUDECO, 1984. Organização do território e funções económicas do Centro-Oeste. Vol. 2, tomo 1-A, Agricultura, Goiânia, 1984, 330 p. — Vol. 2, tomo A-B, Agricultura, Pecuária, Pesca Florestal, 350 p.

WHISLER F.D., ACOCK B., BAKER D.N., FYE R.E., HODGES H.F., LAMBERT J.R., LEMMEN H.E., MAC KINION J.M., REDDY V.R. Crop simulation models in agronomic systems. *Advances in Agronomy*, vol. 40, p. 141-204.

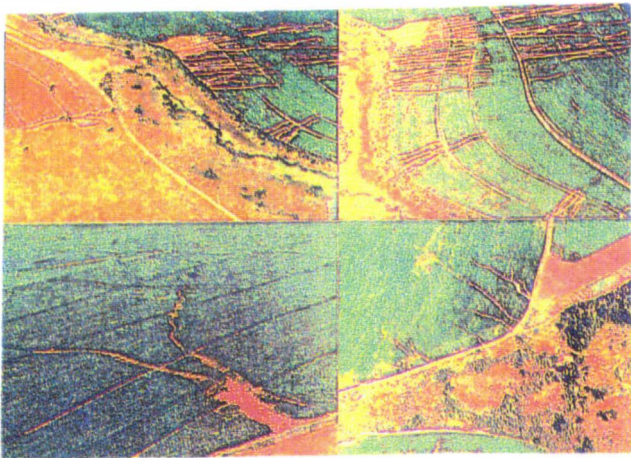


Photo 1 – Erosion causée par l'usage continu de pulvérisateur en monoculture de soja. Fazenda de la région de Sorriro Mato Grosso.

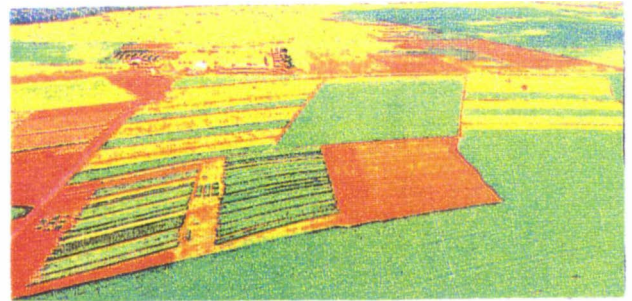


Photo 2 – Fazenda Progresso. Unité pilote et de mise au point technologiques pour la région (130 ha).

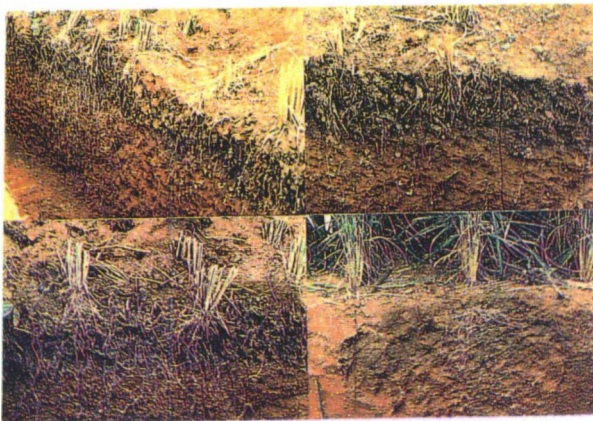


Photo 4 – Système racinaire du riz pluvial après préparation en profondeur (productivité entre 3 800 et 4 651 kg/ha). en bas à droite Enracinement superficiel sur semis direct (productivité 2 070 kg/ha).

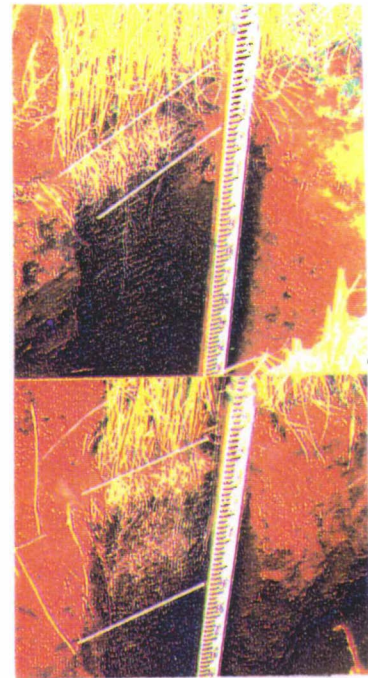


Photo 3 – Système racinaire du riz après passage de pulvérisateur offset lourd, formation d'une semelle de labour (haut). Labour profond sans que le sol en soit compacté (bas).



Photo 5 – Riz pluvial (var. Cuiabana et Cabassou) en rotation avec le soja et thermophosphate en labour profond. Productivités : Cuiabana 4 317 kg/ha, Cabassou 4 350 kg/ha.



Photo 6 – Culture et enracinement du soja x (var. Cristalina). à gauche – monoculture de soja x après pulvérisateur offset en continu (productivité 1 416 kg/ha) à droite, soja après riz x en labour continu (productivité 3 168 kg/ha)

Tableau 2a : Evolution des surfaces plantées (ha), des productions (t) et des productivités (kg/ha) des cultures de soja, riz pluvial et maïs dans l'Etat de Mato Grosso et dans la région de Diamantino, 1980-1988.

	Culture de soja			Culture de riz			Culture de maïs		
	Etat du Mato Grosso	Région de Diamantino		Etat du Mato Grosso	Région de Diamantino		Etat du Mato Grosso	Région de Diamantino	
Année 1980									
Surface (ha)	70 431	1 790		896 319	110 000		83 609	3 700	
Production (t)	117 173	2 382		1 172 369	165 000		142 574	4 440	
Productivité (kg/ha)	1 665	1 330		1 310	1 500		1 705	1 200 .:	
Année 1985									
Surface (ha)	795 438	135 923		405 072	49 940		242 913	1 759	
Production (t)	1 656 039	485 862		515 576	49 872		410 275	3 139	
Productivité (kg/ha)	2 080	2 060		1 270	1 000		1 690	1 785	
Année 1988									
Surface (ha)	1 346 918	541 239		763 954	162 676		344 107	38 008	
Production (t)	2 925 301	1 220 608		1 066 737	252 913		787 940	130 919	
Productivité (kg/ha)	2 170	2 255		1 395	1 555		2 290	3 444	

Source : IBGE (année 1988 : estimation).

Tableau 12 : Productivités et résultats économiques des pires aux meilleures alternatives avec soja cycle moyen (variété Doko, 86-87 – variété Cristalina, 87-88). Fazenda Progresso, Sorrizo, Mato Grosso, 1986-1988.

	Unité expérimentale				Sur champ du producteur			
	Monoculture soja		Soja après riz x		Monoculture soja x		Soja après riz x	
	Offset continu	Labour entrée	Labour entrée continu ⁽¹⁾	Labour entrée continu ⁽¹⁾	Labour entrée continu ⁽¹⁾	Labour entrée continu ⁽¹⁾	Labour entrée continu ⁽¹⁾	Labour entrée continu ⁽¹⁾
Productivité (kg/ha)								
86-87	2 298	2 736	2 890	3 150	2 620	2 892	3 056	
87-88	1 416	2 453	3 168	3 156	2 129			
Moyenne	1 857	2 595	3 029	3 153	2 375			
Coût de production (OTW/ha) ⁽²⁾								
86-87	33,30	35,26	35,69	36,41	35,25	37,60	38,77	
87-88	39,21	43,22	45,09	45,06	35,64			
Moyenne	36,25	39,24	40,39	40,73	35,44			
Solde (OTW/ha) ⁽²⁾								
86-87	+ 8,06	+ 13,99	+ 16,32	+ 20,29	+ 5,72	+ 23,18	+ 25,46	
87-88	- 9,45	+ 8,33	+ 21,49	+ 21,27	+ 9,10			
Moyenne	- 0,70	+ 11,16	+ 18,90	+ 20,78	+ 7,41			
Taux de rentabilité								
86-87	+ 24	+ 40	+ 46	+ 56	+ 16	+ 62	+ 66	
87-88	- 24	+ 19	+ 48	+ 47	+ 25			
Moyenne	- 02	+ 28	+ 47	+ 51	+ 21			

(1) Les productivités obtenues sur le labour de fin de cycle en 1987-1988 après maïs et riz ont été respectivement de 3 168 et 3 228 kg/ha, soient sensiblement supérieures à celles obtenues sur labour d'entrée de saison des pluies.

(2) 1 OTN = 7,5 \$ US (environ 45 FF).

Tableau 13 : Productivités et résultats économiques des pires et meilleures alternatives avec riz pluvial de cycle moyen, 1986-1987 et 1987-1988. Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1986-1988.

Sur unité expérimentale						
Rotation x Préparation du sol x Fumure	Monoculture riz x		Riz après soja			
	x		No tillage (87-88) x		Labour d'entrée (85-88) x	
			Labour (85-87) x	Thermophosphate (1 500 kg/ha)	Labour d'entrée (85-88) x	Thermophosphate (2 000 kg/ha)
Productivité (kg/ha)	86-87 87-88 Moyenne	Cuiabana Cuiabana (Cabassou)	2 013 1 480 (2 655) 1 746	2 377 1 716 (2 070) 2 046	2 377 2 862 (3 846) 2 620	3 435 4 317 (4 330) 3 876
Coûts de production (OTN/ha) *	86-87 87-88 Moyenne	Cuiabana Cuiabana (Cabassou)	34,56 44,48 (47,91) 39,52	35,57 46,68 (47,71) 41,12	35,57 48,52 (51,39) 42,04	50,60 55,27 (55,30) 52,93
Solde (OTN/ha) *	86-87 87-88 Moyenne	Cuiabana Cuiabana (Cabassou)	- 1,20 + 17,42 (+ 0,71) - 8,36	+ 3,81 - 15,28 (- 9,85) - 5,73	+ 3,81 + 3,85 (+ 18,99) + 3,83	+ 6,65 + 23,73 (+ 23,90) + 15,19
Taux de rentabilité	86-87 87-88 Moyenne	Cuiabana Cuiabana (Cabassou)	- 03 - 39 (+ 01) - 21	+ 11 - 33 (- 20) - 14	+ 11 + 08 (+ 37) + 09	+ 13 + 43 (+ 43) + 29

Sur champs du producteur			
Rotation x Préparation du sol		Riz après soja x labour d'entrée continu (86-88)	
Productivité (kg/ha)	86-87 87-88	Cuiabana Cabassou	2 040 (135 ha Cuiabana) 3 225 (35 ha Guarani)
Coûts de production (OTN/ha)	86-87 87-88	Cuiabana Cabassou	34,60 43,40
Solde (OTN/ha)	86-87 87-88	Cuiabana Cabassou	- 0,60 + 15,61
Taux de rentabilité	86-87 87-88	Cuiabana Cabassou	- 01 + 36

* 1 OTN = 7,5 \$ US (ou 45 FF)

Tableau 14 : Productivités et résultats économiques des pires aux meilleures alternatives avec maïs en 1986-1987 et 1987-1988.
Fazenda Progresso, Sorrizo, Mato Grosso, 1986-1988.

(Année 1986-1987)		Sur unité expérimentale		Sur champs du producteur	
Préparation du sol	Labour (85-86) Offset (86-87)	Maïs après soja (variété Braskalb XL 678) x fumure conventionnelle (340 kg/ha 5-25-25)		Maïs après soja (XL 678) x fumure conventionnelle x	
		Labour (85-86) Scarification (86-87)	Labour continu (86-87)	Labour continu (85-87)	Labour continu (85-87)
Productivité (kg/ha)	3 359	3 480	3 758	2 581 (em 246 ha)	
Coûts de production (OTN/ha)	42,71	43,09	44,79	41,48	
Solde (OTN/ha)	- 8,67	- 7,83	- 6,74	- 15,33	
Taux de rentabilité	- 26	- 18	- 15	- 37	

(Année 1987-1988)		Sur unité expérimentale		Sur champs du producteur	
Préparation	Labour (86-87) No tillage (87-88)	Maïs après soja (variété Cargill 115) x thermophosphate (1 500 kg/ha)		Maïs après soja (Cargill 115) x fumure conventionnelle x	
		Labour (86-87) Scarification (87-88)	Labour (86-87) Labour final (87-88)	Labour (86-87) Notillage (87-88) couverture morte	Labour continu (86-88)
Productivité (kg/ha)	3 966	4 614	4 296	4 940	4 153 (em 56 ha)
Coûts de production (OTN/ha)	52,21	50,58	50,14	44,91	43,01
Solde (OTN/ha)	- 5,35	+ 3,84	+ 0,62	+ 13,46	+ 6,06
Taux rentabilité	- 10	+ 08	+ 01	+ 30	+ 14

1 OTN = 7,5 \$ US (ou environ 45 FF) .

Tableau 15 : Productivités et résultats économiques des pires aux meilleures alternatives avec des sojas de cycle court (variété IAC 8) en succession annuelle. Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1986-1988.

Année 1986-1987				
Rotation x	Après soja x	Après soja x	Après riz x	Après maïs x
Préparation du sol	Scarification	Labour continu	Labour continu	Labour continu
Productivité (kg/ha)	1 949	2 221	2 735	3 527
Coûts de production (OTN/ha)	31,93	33,61	35,25	87,44
Solde (OTN/ha)	- 1,44	+ 1,10	+ 7,53	+ 17,64
Taux de rentabilité	- 04	+ 03	+ 21	+ 47
Année 1987-1988				
Rotation x	Après soja + maïs x	Après Cajanus cajan + riz	Après riz + Cajanus x	
Préparation du sol	Labour (86-87) No tillage (87-88)	Labour (86-87) No tillage (87-88)	Scarification	Scarification
Productivité (kg/ha)	1 806	2 655	2 927	2 970
Coûts de production (OTN/ha)	41,87	44,09	41,80	41,91
Solde (OTN/ha)	- 1,50	+ 15,24	+23,61	+ 24,46
Taux de rentabilité	- 03	+ 34	+ 56	+ 58

Tableaux 16 : Productivités et résultats économiques des pires aux meilleurs alternatives de successions de cultures ayant le soja cycle court. Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1986-1987.

Sur l'unité expérimentale									
Succession x Précédent (1985-1986) x Préparation du sol x cultura (cultivar)	Soja + sorgho			Soja + maïs			Soja + sorgho		
	labour	No tillage	total	Labour	No tillage	total	Labour	No tillage	total
	soja	sorgho		soja	maïs		soja	sorgho	
	(IAC 8)	(BR 301)		(IAC 8)	(XL 601)		(IAC 8)	(BR 301)	
Productivité (kg/ha)	2 221	873	-	3 527	1 408	-	3 527	1 690	-
Coût de production (OTN/ha)	33,61	20,56	54,17	37,44	22,25	56,69	37,44	21,94	59,38
Solde (OTN/ha)	+ 1,10	- 13,07	- 11,97	+ 16,64	- 8,00	+ 9,64	+ 17,64	- 7,43	+10,21
Taux de rentabilité	+ 03	- 63	- 22	+ 47	+ 36	+ 16	+ 47	- 34	+ 17

Tableau 17 : Meilleures nouvelles alternatives systèmes de cultures comparées avec le témoin du producteur (T). Fazenda Progresso, Sorriso, Mato Grosso, 1986-1988.

Rotation	Monoculture de soja (1986-1988)		Soja (1986-1987)		Riz (1986-1987)		Soja (1987-1988)	
	Offset continu (76-88) (T)	Labour continu (85-88)	x		x		x	
x	Fumure (87-88)	Thermophosphate (1 500 kg/ha)	x		x		x	
			Thermophosphate (1 500 kg/ha)		Thermophosphate (2 000 kg/ha)		Thermophosphate (1 500 kg/ha)	
Productivité (kg/ha)	86-87 87-88	(S) 2 298 (S) 1 416	(S) 2 736 (S) 2 453	(S) 2 890 (A) 3 846	2 890 4 330	(A) 2 326 (S) 3 230	2 326 3 169	
Coûts de production (OTN/ha)	86-87 87-88 Moyenne	(S) 33,30 (S) 39,21 36,25	(S) 35,26 (S) 43,22 39,24	(S) 35,69 (A) 51,39 43,54	35,69 55,30 45,50	(A) 35,57 (S) 44,09 39,83	35,57 40,61 38,09	
Solde (OTN/ha) *	86-87 87-88 Moyenne	(S) +8,06 (S) -9,45 -0,70	(S) +13,99 (S) +8,33 +11,16	(S) +16,32 (A) +18,99 +17,65	16,32 23,90 20,11	(A) +3,81 (S) +27,27 +15,54	+3,81 +25,99 +14,90	
Taux de rentabilité	86-87 87-88 Moyenne	(S) +24 (S) -24 -02	(S) +40 (S) +19 +28	(S) +46 (A) +37 +41	+46 +43 +44	(A) +11 (S) +53 +34	+11 +64 +39	
Rotation	Soja (86-87)		Maïs (87-88)		Maïs - Soja (86-87)		Soja (87-88)	
	x		x		x		x	
x	Préparation du sol	Fumure (87-88)	x		x		x	
			Scarification (86-88)		Labour continu (86-88)		Thermophosphate (1 500 kg/ha)	
Productivité (kg/ha)	86-87 87-88	(S) 3 015 (M) 4 614	(S) 3 015 (M) 4 614	(M) 3 758 (S) 3 156				
Coûts de production (OTN/ha)	86-87 87-88 Moyenne	(S) 35,53 (M) 50,68 43,10	(S) 35,53 (M) 50,68 43,10	(M) 44,79 (S) 45,06 44,92				
Solde (OTN/ha) *	86-87 87-88 Moyenne	(S) +18,74 (M) +3,84 +11,29	(S) +18,74 (M) +3,84 +11,29	(M) -6,74 (S) +21,17 +7,26				
Taux de rentabilité	86-87 87-88 Moyenne	(S) +53 (M) -08 +26	(S) +53 (M) -08 +26	(M) -15 (S) +47 +16				

* 1 OTN = 7,5 \$ US (environ 45 FF). Cultures : S = soja, M = maïs, A = riz pluvial



Institut de Recherches Agronomiques Tropicales
et des cultures vivrières
2477, avenue du Val de Montferrand
BP 5035, 34032 Montpellier Cedex, France